



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2020

Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme BAM: Feldversuch

Huterer, Andreas ; Artho, Jürg ; Vogel, Urs

Other titles: Forschungsprojekt FP-2.6.1

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-193604>

Published Research Report

Published Version

Originally published at:

Huterer, Andreas; Artho, Jürg; Vogel, Urs (2020). Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme BAM: Feldversuch. Zürich: Energieforschung Stadt Zürich.



Themenbereich Gebäude

Benutzergerechte
Assistenz- und
Motivationssysteme
BAM (Feldversuch)

Forschungsprojekt FP-2.6.1
Schlussbericht, März 2020

58

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

Auftraggeber

Energieforschung Stadt Zürich
Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Auftragnehmer

Amstein + Walthert AG, Andreastrasse 11, 8050 Zürich
Universität Zürich, Sozialforschungsstelle, Binzmühlestrasse 14 / Box 13, 8050 Zürich

Autorinnen und Autoren

Andreas Huterer, Amstein+Walthert, Zürich
Dr. Jürg Artho, Universität Zürich, Sozialforschungsstelle
Urs Vogel, Amstein+Walthert, Zürich

Begleitgruppe

Dr. Silvia Banfi Frost, Energiebeauftragte der Stadt Zürich (DIB)
Dorothee Dettbarn, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)
Annette Kern-Ulmer, ewz
Christine Kulemann, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)
Alex Martinovits, Stadtentwicklung Zürich (STEZ)
Alex Nietlisbach, AWEL Kanton Zürich
Dr. Urs Rey, Statistik Stadt Zürich (SSZ)
Matthias Veitinger, ewz
Yvonne Züger-Fürer, Amt für Hochbauten (AHB)

Die Hauptstudie wurde betreut durch Dorothee Dettbarn (UGZ), Marcel Wickart (ewz)
und Matthias Veitinger (ewz)

Sponsoren

Wir danken den nachfolgenden Firmen herzlich für die Projektunterstützung:
Credit Suisse, Global Real Estate Schweiz für die Übernahme zusätzlicher Entwicklungs- und Investitionskosten bei den zwei Wohnsiedlungen und für die generelle Projektunterstützung.
Credit Suisse, Asset Management für die Bereitstellung von ergänzenden Verkaufunterlagen, Anpassung der Mietverträge, Koordination der Bewirtschafter und Übernahme der Apéro-Kosten für die BewohnerInnen.
Wincasa Zürich und Zug für die Unterstützung bei den Vorbereitungsarbeiten und bei den Interventionen.
V-Zug Haushaltgeräte für das Sponsoring der Mehrkosten für die Integration der Tumbler / Waschmaschinen in das Smart-Home-System der Wohnsiedlung in Wädenswil.

Zitierung

Huterer A., Artho J., Vogel U. 2020: Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme BAM: Feldversuch. Energieforschung Stadt Zürich, Bericht Nr. 58, Forschungsprojekt FP-2.6.1.

Für den Inhalt sind alleine die Autorinnen und Autoren verantwortlich. Der vollständige Bericht kann unter www.energieforschung-zuerich.ch bezogen werden.

Kontakt

Energieforschung Stadt Zürich
Geschäftsstelle
c/o econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich
reto.dettli@econcept.ch 044 286 75 75

Titelbild

Luca Zanier, Zürich

Energieforschung Stadt Zürich

Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Energieforschung Stadt Zürich ist ein auf zehn Jahre angelegtes Programm und leistet einen Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft. Dabei konzentriert sich Energieforschung Stadt Zürich auf Themenbereiche an der Nahtstelle von sozialwissenschaftlicher Forschung und der Anwendung von neuen oder bestehenden Effizienztechnologien, welche im städtischen Kontext besonders interessant sind.

Im Auftrag von ewz betreiben private Forschungs- und Beratungsunternehmen sowie Institute von Universität und ETH Zürich anwendungsorientierte Forschung für mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Die Forschungsergebnisse und -erkenntnisse sind grundsätzlich öffentlich verfügbar und stehen allen interessierten Kreisen zur Verfügung, damit Energieforschung Stadt Zürich eine möglichst grosse Wirkung entfaltet – auch ausserhalb der Stadt Zürich. Geforscht wird zurzeit in zwei Themenbereichen.

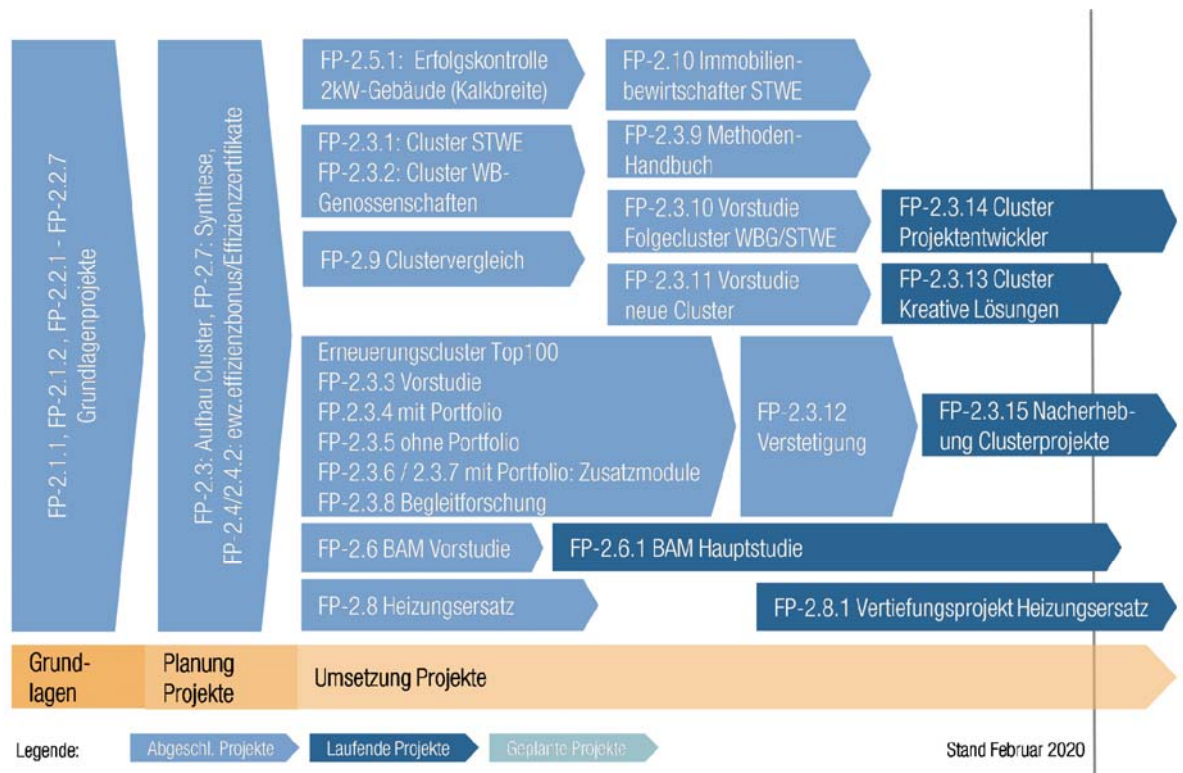
Themenbereich Haushalte

Der Themenbereich Haushalte setzt bei den Einwohnerinnen und Einwohnern der Stadt Zürich an, die zuhause, am Arbeitsplatz und unterwegs Energie konsumieren und als Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in vielerlei Hinsicht eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft einnehmen. Dabei werden insbesondere sozialwissenschaftliche Aspekte untersucht, die einen bewussten Umgang mit Energie fördern oder verhindern. In Feldversuchen mit Stadtzürcher Haushalten wird untersucht, welche Hemmnisse in der Stadt Zürich im Alltag relevant sind und welche Massnahmen zu deren Überwindung dienen.

Themenbereich Gebäude

Der Themenbereich Gebäude setzt bei der Gebäudeinfrastruktur an, welche zurzeit für rund 70 Prozent des Endenergieverbrauchs der Stadt Zürich verantwortlich ist. In wissenschaftlich konzipierten und begleiteten Umsetzungsprojekten sollen zusammen mit den Eigentümerinnen und Eigentümern sowie weiteren Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern Sanierungsstrategien für Gebäude entwickelt und umgesetzt werden, um damit massgebend zur Sanierung und Erneuerung der Gebäudesubstanz in der Stadt Zürich beizutragen. Im Vordergrund stehen die Steigerung der Energieeffizienz im Wärmebereich und die Minimierung des Elektrizitätsbedarfs.

Übersicht und Einordnung der Forschungsprojekte (FP) im Themenbereich Gebäude



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	2
1.1	Das Wichtigste in Kürze	2
1.2	Design des Feldversuchs	6
1.3	Ergebnisse des Feldversuchs	7
1.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	12
2	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	15
3	Ausgangslage	17
3.1	Berichtstruktur	17
3.2	Projektdefinition	17
3.3	Erkenntnisse aus der Vorstudie	18
4	Methodik und Vorgehen	21
4.1	Forschungsdesign	21
4.2	Beschreibung der Immobilien	22
4.3	Wirkungslogik und Ausgestaltung der Interventionsinstrumente	24
5	Ergebnisse Befragungsdaten	31
5.1	Methoden	31
5.2	Wahrnehmung und Beurteilung der Kommunikationsinstrumente	37
5.3	Nutzung und Beurteilung der technischen Instrumente	41
5.4	Wirkungen auf Wissen, Haltungen und Einstellungen	46
5.5	Wirkungen auf Verhaltensabsichten	53
5.6	Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten	56
5.7	Zusätzliche Wirkungen	60
6	Auswertung des Energie- und Wasserverbrauchs	62
6.1	Grundlagen der Verbrauchsmessung und Auswertung	62
6.2	Resultate der spezifischen Verbrauchswerte	63
6.3	Referenzwerte für den Energieverbrauch	65
6.4	Diskussion der normierten Verbrauchswerte	69
7	Beantwortung der Forschungsfragen	74
8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	78
9	Literaturverzeichnis	82

1 Zusammenfassung

1.1 Das Wichtigste in Kürze

Mit diesem Projekt wurden Instrumente aus den Bereichen Technik und Kommunikation zur Förderung des energieeffizienten Benutzungsverhaltens in Wohnungen untersucht. Die Umsetzung des Projekts erfolgte mittels einer Vorstudie und einem Feldversuch als Hauptstudie.

Die Vorstudie beantwortet aufgrund theoretischer Überlegungen die Frage, mit welcher Kombination von Instrumenten der Technik und der Kommunikation das energieeffiziente Benutzungsverhalten von Personen in privaten Haushalten wirkungsoptimiert gefördert werden könnte. Der Bericht zur Vorstudie wurde 2016 publiziert¹.

Mit der Hauptstudie wurde das Zusammenwirken von ausgewählten technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten in einem Feldversuch getestet. Der Feldversuch wurde von 2017 bis Sommer 2019 durchgeführt. Der vorliegende Bericht ist der Schlussbericht des Feldversuchs.

Mit dem Akronym «BAM» wird der Einsatz von zusammenwirkenden Instrumenten aus den Bereichen Technik und Kommunikation als «Benutzergerechtes Assistenz- und Motivationssystem» bezeichnet. Ein BAM-System umfasst somit stets eine Kombination von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten. Diese sollen eine Person bei der Motivation für energiesparendes Benutzungsverhalten und bei der konkreten Umsetzung der dazu erforderlichen Verhaltensweisen unterstützen (assistieren).

Als technische Instrumente werden Installationen und Geräte bezeichnet, welche direkt durch ihre Funktion – z.B. automatische Abschaltsteuerung bei Nichtbenutzung – oder als Grundlage für Kommunikationsinstrumente – z.B. Verbrauchsmessung und Anzeigen des Energieverbrauchs – eine Wirkung entfalten können.

Als Kommunikationsinstrumente werden Interventionen bezeichnet, welche eine Verhaltensoptimierung ohne technische Hilfsmittel anstreben oder darauf abzielen, die Wirkung eines technischen Instruments gezielt zu verstärken, z.B. Informationsmaterialien mit Überzeugungsargumenten oder mit Verhaltenstipps zur Stärkung des Handlungswissens.

Im Folgenden werden die konkreten Forschungsfragen der Studie kurz beantwortet. Anschliessend folgen die Vorstellung des Forschungsdesigns und die Zusammenfassung der Ergebnisse des Feldversuchs.

¹ Baumgartner A., Artho J. & Vogel U. 2016: Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme (BAM). Energieforschung Stadt Zürich, Bericht Nr. 33, Forschungsprojekt FP-2.6

Welche Wirkungen können bei der Anwendung eines konkreten BAM-Systems – zusammengesetzt aus technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten – in der Praxis erzielt werden?

Als Wirkung ist für diese Studie generell die prozentuale Abweichung eines Ergebnisses von Experimentalgruppen im Vergleich zum Ergebnis der Kontrollgruppe definiert. Dies gilt gleichermassen für die Ergebnisse zu den sozialpsychologischen Faktoren und Verhaltensweisen und für die Ergebnisse der Verbrauchsmessungen. Als «Positive Wirkungen» werden Wirkungen der Experimentalgruppen in Richtung energiesparendere Denk- oder Verhaltensweisen bezeichnet. «Negative Wirkungen» sind Wirkungen in Richtung weniger energiesparender Denk- oder Verhaltensweisen im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Die im Rahmen des Feldversuchs durchgeführten Befragungen der Mieterinnen und Mieter ergaben klare Ergebnisse. Das BAM-System als Ganzes führte auf allen sozialpsychologischen Ebenen – Wissen, Haltungen, Verhaltensabsicht und selbstberichtetes Verhalten – kurzfristig und punktuell zu positiven Wirkungen. Langfristig – rund 1 Jahr nach der Intervention – sind zwar noch positive Wirkungen zu beobachten. Über das gesamte untersuchte BAM-System betrachtet sind jedoch langfristig überwiegend keine, teilweise gar negative Wirkungen zu beobachten.

Um die Wirkung des Verhaltens auf den Energieverbrauch festzustellen, wurden die Verbrauchswerte für die Verwendungszwecke Raumheizung, Elektrizität, Warmwasser und Kaltwasser untersucht. Für den gemessenen Energieverbrauch wurde mit der Vorstudie die zu erwartende Effizienzsteigerung von 15% bei der Anwendung des BAM-Systems mit maximaler Intensität ermittelt. Die maximale Intensität wurde durch den konzentrierten und auf die technischen Instrumente abgestimmten Einsatz von Kommunikationsinstrumenten in der Hauptinterventionsphase des Feldversuchs von November 2017 bis April 2018 erreicht.

Der gemessene Verbrauch für die 6 Monate der Hauptinterventionsphase zeigt um bis zu 6% reduzierte Werte der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe. Das erwartete Ziel von 15% Effizienzsteigerung wurde im Feldversuch nicht erreicht.

Welche Wirkungen können mit ausschliesslich technischen oder mit ausschliesslich Kommunikationsinstrumenten erreicht werden?

In der Vorstudie gingen die Verfasser davon aus, dass der grösste Wirkungsanteil den Kommunikationsinstrumenten zuzuordnen sei. Mit den Ergebnissen des Feldversuchs konnte diese These bestätigt werden.

Die Kommunikationsinstrumente wirkten kurzfristig vor allem auf das Verhalten und innerhalb dessen vor allem auf Verhaltensweisen im Zusammenhang mit der Raumwärme positiv.

Langfristige positive Wirkungen der Kommunikationsinstrumente sind dagegen vor allem auf das Wissen zu beobachten. In Einzelfällen (z.B. Absicht energiesparendes Heizen) ist langfristig ein Boomerang-Effekt feststellbar. Von einem Boomerang-Effekt wird hier gesprochen, wenn sich eine kurzfristig positive Wirkung langfristig in eine negative Wirkung verkehrt.

Boomerang-Effekte können z.B. auftreten, wenn Ereignisse oder Aktionen (z.B. Klimastreiks) energiesparende Absichten generell erhöhen, Kommunikationsinstrumente jedoch zur Denkweise führen, man sei ja schon auf einem guten Pfad. Die Absichten der Bevölkerung (repräsentiert durch die Kontrollgruppe) überholen so gleichsam die Absichten der Gruppe mit zusätzlicher Kommunikation.

Die im Feldversuch eingesetzten technischen Instrumente allein entfalteten nur geringe Wirkungen, teilweise gar negative Wirkungen, welche positive Effekte der Kommunikationsinstrumente wieder zunichtemachten.

Welche Empfehlungen lassen sich aus den Ergebnissen hinsichtlich der Optimierung der Instrumente ableiten?

Die mit der Vorstudie durchgeführte Hemmnisanalyse und die darauf abgestimmte Wahl der Instrumente für den Feldversuch hat sich bewährt und ist zu empfehlen, weil erst dadurch eine zielgerichtete Intervention möglich ist.

Die Gestaltung der Kommunikationsinstrumente sollte mit einfachsten Mitteln umgesetzt werden. Auf Lauftext ist möglichst zu verzichten. Viel einfacher zu rezipieren sind Slogans, Merksätze und vor allem visuelle Mittel.

Für die Mieterinnen und Mieter neuartige technische Systeme, wie das im Feldversuch eingesetzte Smart-Home-System, benötigen eine sorgfältige Einführung und unkomplizierten Support. Fehlen diese Elemente, so besteht die Gefahr, dass die Mieterinnen und Mieter die technischen Systeme nicht verstehen und falsch anwenden. In der Folge kann es trotz möglicherweise vorhandenen, technisch bedingten Vorteilen zu einem negativen Effekt der technischen Instrumente kommen.

Bei den Kommunikationsinstrumenten konnte in Einzelfällen bei der Verhaltensabsicht ein Boomerang-Effekt beobachtet werden. Über einen solchen Effekt wurde in der Forschung bisher nicht berichtet. In Evaluationsstudien sollte diese Möglichkeit in Betracht gezogen und analysiert werden, ob und unter welchen Bedingungen dieser Effekt systematisch auftritt.

Können die kurzfristigen Wirkungen bei anhaltendem Einsatz der Instrumente über längere Zeit aufrechterhalten werden?

Die Vorstudie formulierte die Erwartung, dass die Wirkungen des BAM-Systems auf den Energieverbrauch nachlassen, wenn die Intensität der Interventionen durch Kommunikationsinstrumente nachlässt. Die technischen Instrumente standen während der ganzen Versuchsdauer im Einsatz. Nach Abschluss der Hauptinterventionsphase im April 2018 wurden keine Kommunikationsinstrumente mehr eingesetzt.

Mit der dritten Befragungswelle wurde festgestellt, dass die Wirkung der Kommunikationsinstrumente auf das Verhalten geschwunden war. Bei der dem Verhalten vorgelagerten Stufe der Verhaltensabsicht wurden einzelne Boomerang-Effekte festgestellt. Die technischen Instrumente hatten langfristig über alles gesehen keine Wirkung auf das Verhalten, weder positiv noch negativ.

Das Ergebnis der Verbrauchsmessungen über 12 Monate nach der Hauptinterventionsphase zeigt für keinen der vier untersuchten Verwendungszwecke eine relevante Verbrauchseinsparung der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe. Aus der anhaltenden Verfügbarkeit der technischen Instrumente allein konnte somit keine anhaltende Wirkung auf den Energieverbrauch erzielt werden. Das langfristige Ergebnis der Verbrauchsmessungen ist damit konsistent mit den Ergebnissen aus den Befragungen und entspricht den Erwartungen aus der Vorstudie.

Mit ergänzenden Kommunikationsinstrumenten, welche direkt auf die Stufe des Verhaltens wirken wie beispielsweise Nudging-Instrumenten oder Handlungsanweisungen am Ort der Handlung, könnte möglicherweise das Schwinden der Wirkung der Kommunikationsinstrumente aufgefangen werden. Aber eine kurzfristige Wirkung ohne Beeinflussung der davor liegenden Variablen - Wissen/Einstellung/Haltung/Absicht - entspräche keiner nachhaltigen Beeinflussung des Verhaltens, weil die intrinsische Motivation nicht gestärkt würde. Daraus folgt, dass die intrinsische Motivation zu steigern wäre. Dafür müssten aber die Kommunikationsinstrumente dauernd aufrechterhalten werden, was kostenintensiv ist und allenfalls auch zu Gewöhnungseffekten führen könnte.

Fazit

Die hier erläuterten Antworten auf die Forschungsfragen gelten explizit für den Feldversuch und sind nur eingeschränkt generalisierbar. In anderen Projekten könnten kaum identische Instrumentenpakete eingesetzt werden und auch die Ausstattung der Wohnungen und die Zusammensetzung der Mieterinnen und Mieter werden nicht direkt vergleichbar sein.

Die Resultate des Feldversuchs geben jedoch Hinweise, welche Wirkungen auf den Energieverbrauch von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten erwartet werden können.

- Die Erwartung, dass in einer einzelnen Übungsanlage von spezifischen Kommunikationsinstrumenten entsprechend spezifische Wirkungen nachgewiesen werden können, scheint alles in allem nicht realistisch zu sein. Trotzdem können Kommunikationsinstrumente sinnvoll sein, wenn sie als Teil einer Gesamtheit von Sensibilisierungsmassnahmen – beispielsweise im Verbund mit Kommunikationskampagnen – verstanden werden.
- Die Erwartung, dass technische Instrumente durch die Möglichkeit der Programmierung und Vernetzung von Steuerungen und Regulierungen gleichsam automatisch eine Wirkung entfalten, muss aufgrund dieser Studie in Frage gestellt werden. Da die technischen Instrumente in Form des Smart-Home-Systems nur eine sehr geringe und gegenüber den eingesetzten Kommunikationsinstrumenten untergeordnete Wirkung entfalten konnten, sind solche Systeme nicht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Energieeffizienz in Haushalten zu betrachten.

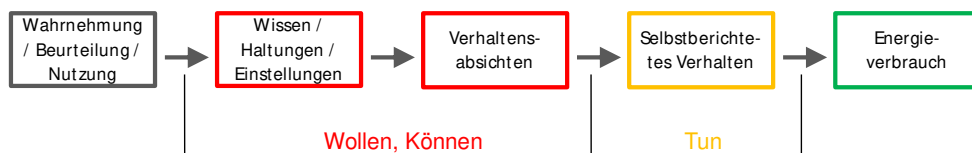
1.2 Design des Feldversuchs

Modell der Wirkungslogik

Die im Feldversuch angewendete Wirkungslogik besteht sowohl für Kommunikationsinstrumente wie für technische Instrumente grundsätzlich in einer linearen Wirkungsfolge über fünf Stufen.

1. Am Anfang der Wirkungsfolge steht die Frage, ob die eingesetzten Instrumente wahrgenommen werden und falls ja, wie sie beurteilt werden.
2. Falls die Instrumente wahrgenommen werden, können sie auf der zweiten Stufe eine Wirkung auf Wissen, Haltungen und Einstellungen entfalten.
3. Auf der dritten Stufe soll eine Absicht generiert werden, sich mehr oder weniger energiebewusst zu verhalten. Die Instrumente können entweder via die zweite Stufe oder aber direkt auf die Verhaltensabsicht wirken.
4. Auf der vierten Stufe können Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten erfolgen. Die Instrumente können via Stufen 2 und 3 oder direkt auf das Verhalten wirken. «Selbstberichtet» ist das Verhalten, weil es mittels Umfrage erhoben wurde.
5. Wirkungen auf die Verhaltensweisen sollten schlussendlich auch als Wirkungen auf den gemessenen Energieverbrauch nachgewiesen werden können.

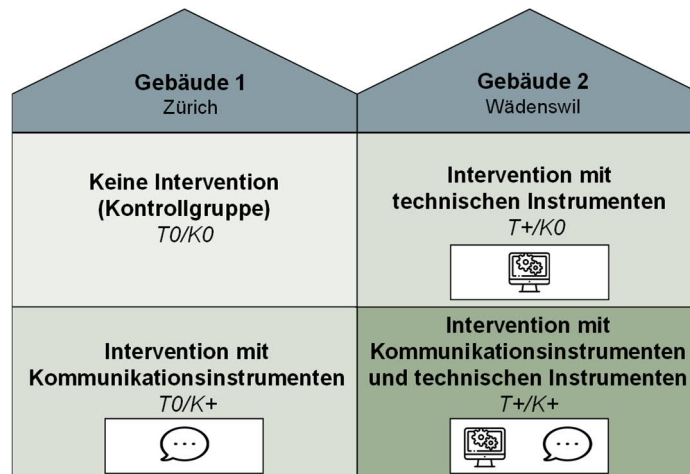
Die nachfolgende Abbildung stellt die Stufen dar, bei denen Wirkungen auftreten müssen, damit sie sich letztlich im gemessenen Energieverbrauch niederschlagen können.



Versuchsgruppen

Der Feldversuch wurde in zwei Mehrfamilienhäusern in Zürich und Wädenswil durchgeführt. Die 42 Wohnungen in Zürich entsprechen einem heute üblichen technischen Neubau-Standard. Die 50 Wohnungen in Wädenswil sind über den üblichen Neubau-Standard hinaus mit den technischen Instrumenten eines Smart-Home ausgerüstet.

Beide Gebäude erfüllen den Minergie-Standard. Alle Wohnungen sind mit einer Komfortlüftung ausgestattet. In beiden Gebäuden sind Waschmaschine und Tumbler pro Wohnung vorhanden. Die Energieeffizienz dieser Geräte sowie auch die der Küchengeräte ist in beiden Gebäuden gleichwertig.



In Bezug auf die eingesetzte Instrumentenkombination wurden vier unterschiedliche Versuchsgruppen gebildet. Die Gruppe ohne die technischen Instrumente des Smart-Homes und ohne zusätzliche Kommunikationsinstrumente (T0 / K0) diente als Kontrollgruppe, damit Wirkungen bei den Experimentalgruppen auf studienexterne Einflüsse (z.B. Klimastreiks) kontrolliert und bereinigt werden konnten.

Eingesetzte Instrumente

Die im Feldversuch eingesetzten Kommunikationsinstrumente bestanden aus einer schriftlichen Selbstverpflichtung sowie aus Broschüren, Flyern und weiterem Informationsmaterial rund um das Thema Energieverhalten im Haushalt, welche postalisch verschickt wurden. Mit der Selbstverpflichtung willigten die Mieter ein, im Haushalt möglichst wenig Energie zu verbrauchen, ohne eine Komforteinbusse in Kauf nehmen zu müssen.

Die technischen Instrumente standen nur in Wädenswil zur Verfügung. Sie umfassten das Smart-Home-System und die damit mögliche Regulierung von Beleuchtung, Heizung, Lüftung und Gerätenutzung über ein zentrales Display in der Wohnung und auch über das Smartphone. Zusätzlich wurden weitere Funktionen angeboten. Beispielsweise eine Anwesenheitssimulation, welche zur Abwehr von Einbrüchen bei Abwesenheit eine Anwesenheit mittels Lichtschaltung oder Bewegung der Storen simuliert oder ein zentraler Ein-/Aus-Taster zur Abschaltung aller nicht notwendigen Stromverbraucher beim Verlassen der Wohnung. Schliesslich hatten die Mieterinnen und Mieter in Wädenswil die Möglichkeit, ihren Energieverbrauch über eine Smartphone App zu beobachten und mit Referenzwerten zu vergleichen (Energiemonitoring).

1.3 Ergebnisse des Feldversuchs

Datenerhebungen und Datenbasis

Mittels standardisierter Umfragen wurden die Wirkungen auf der psychologischen Ebene (z.B. Handlungswissen, Einstellungen zum Energiesparen, Erwartungen

des sozialen Umfelds), auf die Absicht, sich energiesparend zu verhalten, und auf das selbstberichtete Verhalten erhoben. Dabei wurden drei Befragungswellen im Abstand von jeweils einem Jahr durchgeführt. Die erste Erhebungswelle fand unmittelbar nach dem Einzug im Mai und Juni 2017 statt. Die Hauptinterventionsphase war von November 2017 bis April 2018, also im Winterhalbjahr. Gleich anschliessend folgte im Mai und Juni 2018 die zweite Erhebungswelle. Die dritte Erhebungswelle erfolgte ein Jahr später im Mai und Juni 2019 zur Messung der Langfristwirkungen. Zwischen der zweiten und dritten Erhebungswelle wurden keine Kommunikationsinstrumente mehr eingesetzt.

Die Verbrauchsmessungen der Wärme für Raumheizung, Elektrizität sowie Warm- und Kaltwasser wurden für alle 92 Wohnungen laufend durchgeführt und als monatliche Verbrauchswerte pro Wohnung gespeichert.

Der Umfang der zur Verfügung stehenden Daten (Datenbasis) aus den Umfragen sind vom Rücklauf abhängig. Von allen 72 Mieterinnen und Mietern, welche an allen drei Umfragen teilnehmen konnten, füllten 60 % alle drei Fragebogen aus. Ausfälle gab es durch Leerstände, verspätete Einzüge, verfrühte Auszüge und Teilnahme-Rückzüge. Aufgrund der mit nur drei Teilnehmenden zu kleinen Gruppengrösse musste die Gruppe T+/K0 aus allen Auswertungen ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für die Auswertungen der Verbrauchsmessungen, weil diese auf der Basis von Befragungen zur Personenbelegung und Anwesenheit normiert wurden. Die verbleibenden Versuchsgruppen umfassten zwischen 11 und 16 Personen für die Auswertung der Umfragedaten.

Statistische Signifikanz und praktische Relevanz

Statistische Signifikanzen werden berechnet, um die Generalisierbarkeit der auf einer Stichprobe basierenden Ergebnisse auf vergleichbare Vorgehensweisen in vergleichbaren Objekten einschätzen zu können. Die Generalisierbarkeit ist hier jedoch von vornherein eingeschränkt, weil in anderen Projekten kaum identische Instrumentenpakete eingesetzt würden und sich auch die Mehrfamilienhäuser und die Mieterzusammensetzung unterscheiden dürften.

Weil im vorliegenden Projekt alle Mieter und Mieterinnen angeschrieben wurden und alle Wohnungen gemessen wurden, handelt es sich faktisch um eine Vollerhebung und nicht um eine Stichprobenerhebung. Dadurch ist eine Generalisierung der Ergebnisse auf alle Mieterinnen und Mieter in den untersuchten Liegenschaften obsolet.

Aus diesen Gründen wurde zur Einschätzung der Ergebnisse das Kriterium der praktischen Relevanz einer Wirkung verwendet. Als Wirkung wird die Veränderung in einer Gruppe bezeichnet, welche ausschliesslich auf die eingesetzten Instrumente zurückzuführen ist. Als relevant wird eine Wirkung eingeschätzt, wenn sie gleich oder grösser wie die erwartete Wirkung ist. Die erwarteten Wirkungen sind im Bericht zur Vorstudie detailliert hergeleitet und liegen meist zwischen 10 % und 15 %. Die Relevanzschwelle für die erwarteten Wirkungen aus dem Feldversuch wurde aufgrund dessen bei ≥ 12.5 % festgelegt.

Wahrnehmung, Nutzung und Beurteilung der Instrumente

Die Kommunikationsinstrumente wurden von rund drei Viertel der Personen mindestens teilweise gelesen. Die Wahrnehmungsrate des Versands kurz nach dem Einzug fiel mit 50 % der Personen, welche diesen ganz oder teilweise gelesen hatten, etwas tiefer aus. Der Grund dafür liegt in der Belastung durch Ein- und Umzugsformalitäten und -aufgaben kurz nach dem Einzug. Die Kommunikationsinstrumente wurden über alle Interventionen betrachtet von rund 60 % der Mieterinnen und Mieter als nützlich beurteilt.

Die zusätzlichen technischen Instrumente standen den Mieterinnen und Mietern der Immobilie in Wädenswil von Beginn weg zur Verfügung, weshalb nicht die Wahrnehmung, sondern deren Beurteilung und Nutzung im Zentrum stehen.

Die technischen Instrumente wurden über alles gesehen von einem Drittel aller Personen als nützlich beurteilt und von der Hälfte aller Personen genutzt. Allerdings gibt es je nach Instrument sehr unterschiedliche Beurteilungs- und Nutzungs-Quoten, wie folgende Beispiele zeigen:

- **Beurteilung:** Die Funktionsweise der Heizungs- und Lüftungsregulation wurde von 72 % der Mieterinnen und Mieter verstanden. Die Programmierung der Haustechnik verstanden dagegen nur rund 40 % der Bewohnenden. Das Energiemonitoring über die Smartphone App oder das zentrale Display beurteilten ebenfalls nur gut 40 % aller Personen als nützlich (wobei zusätzliche 44 % aller Personen das Energiemonitoring gar nicht wahrgenommen haben und deshalb auch nicht beurteilen konnten).
- **Nutzung:** Die zentrale Heizungs- und Lüftungsregulierung wurde (mangels Alternative) von allen Personen (100%) mindestens einmal genutzt. Die in das Smart-Home-System integrierte Anwesenheitssimulation wurde dagegen nur durch 17% der Mieterinnen und Mieter genutzt. Das Energiemonitoring wurde von 21 % der Personen genutzt.

Alles in allem sind die Wahrnehmungs- und Beurteilungsquoten bei den technischen Instrumenten deutlich schlechter als bei den Kommunikationsinstrumenten.

Wirkungen auf psychologischer Ebene

Auf die Einstellungen, das heisst auf die Wahrnehmung der vorhandenen Handlungsfreiheit, des Aufwands und der finanziellen Kosten, hatten weder die technischen Instrumente noch die Kommunikationsinstrumente einen Einfluss.

Die Kommunikationsinstrumente wirkten auf das Verständnis der Energieetikette für Haushaltsgeräte, auf das Wissen, wie Möbel in der Wohnung energetisch sinnvoll platziert werden und auf die wahrgenommenen Erwartungen des sozialen Umfelds kurzfristig positiv. Das entspricht drei von zwölf erhobenen Elementen auf der zweiten Stufe der Wirkungslogik. Das Verständnis der Energieetikette für Haushaltsgeräte konnte um 24 % gesteigert werden. Die zwei anderen Wirkungen betragen 16 %.

Deutlich stärker war jedoch die langfristige Wirkung der Kommunikationsinstrumente, d.h. die Wirkung von der ersten bis zur dritten Erhebungswelle. Es wurden

Wirkungen auf Handlungswissen, auf das Verpflichtungsgefühl und auf die Wahrnehmung der Erwartungen durch das soziale Umfeld untersucht. Gut die Hälfte aller einzelnen dieser untersuchten Wirkungen sind grösser als + 20 %.

Die in dieser Studie technischen Instrumente wirkten auf der psychologischen Ebene dagegen eher negativ, was dazu führte, dass die positiven Wirkungen der Kommunikationsinstrumente abgeschwächt oder ganz neutralisiert wurden.

Wirkungen auf die Verhaltensabsicht

Die positiven Wirkungen auf die Absicht, sich energiesparend zu verhalten, sind alles in allem deutlich schwächer als jene auf der psychologischen Ebene. Es wurden die Verhaltensabsichten bezüglich Raumheizung, Waschen/Trocknen, Warmwasser- und Gerätenutzung untersucht.

Zwar lassen sich kurzfristig positive Wirkungen der Kommunikationsinstrumente feststellen (Absicht Heizen: + 14 %; Absicht Gerätenutzung: + 27 %). Langfristig ist jedoch ein Boomerang-Effekt der Kommunikationsinstrumente zu beobachten: Beim Heizen wird die kurzfristig positive Wirkung auf die Verhaltensabsicht (+ 14 %) beispielsweise markant ins Gegenteil verkehrt (- 31 %). Als Boomerang-Effekt wird dies bezeichnet, weil sich eine kurzfristig positive Wirkung auf die Verhaltensabsicht beim Heizen langfristig ohne Einwirkung von technischen Instrumenten in eine negative Wirkung verkehrt. Boomerang-Effekte können z.B. auftreten, wenn Ereignisse oder Aktionen (z.B. Klimastreiks) energiesparende Absichten generell erhöhen, Kommunikationsinstrumente jedoch zur Denkweise führen, man sei ja schon auf einem guten Pfad. Die Absichten der breiten Bevölkerung (repräsentiert durch die Kontrollgruppe) überholen so gleichsam die Absichten der Experimentalgruppe mit zusätzlicher Kommunikation.

Die technischen Instrumente wirken auf der Ebene der Absichten praktisch nicht – weder positiv noch negativ.

Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten

Die Kommunikationsinstrumente wirkten über alle Energieverwendungszwecke betrachtet kurzfristig positiv auf das Verhalten. Dies ist bei der Hälfte aller 18 untersuchten Verhaltensweisen festzustellen. Die Wirkungen bewegen sich um + 20 % oder darüber. Langfristig sind allerdings Fading-out-Effekte festzustellen, so dass sich das Verhalten langfristig meist wieder auf dem gleichen Niveau bewegt wie vor der Intervention.

Ebenfalls über alles gesehen wirkten die technischen Instrumente auf das Verhalten kurzfristig entweder gar nicht oder sie neutralisierten die positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente.

Idealtypisch ist dies bei der Schlafzimmertemperatur festzustellen: Die Kommunikationsinstrumente haben in der Gruppe ohne zusätzliche technische Instrumente auf das selbstberichtete Verhalten eine kurzfristige Wirkung von + 24 %. In der Gruppe, in welcher sowohl Kommunikations- wie auch technische Instrumente eingesetzt wurden, ist aber keine Wirkung feststellbar. Die kurzfristige Wirkung der Kommunikationsinstrumente wurde in dieser Gruppe durch die zusätzliche

Technik vollständig neutralisiert. Den technischen Instrumenten wird in diesem Fall eine neutralisierende Wirkung zugeschrieben.

Langfristig geht die Wirkung der Kommunikationsinstrumente zurück, ohne dass die technischen Hilfsmittel eine positive oder negative Wirkung hätten.

Wirkungen auf den Energieverbrauch

Die spezifischen Verbrauchswerte der Wohnungen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche liegen bei allen Versuchsgruppen im Bereich von heute aktuellen Richtwerten für effizienten Verbrauch, was aufgrund des einheitlichen Neubau-Standards der Wohnungen auch erwartet wurde.

Für die weiteren Auswertungen wurden die Messwerte anhand der Wohnungsgrösse, der Wohnungslage und der effektiven Personenbelegung normiert, indem ein individueller Referenzwert pro Wohnung und Verwendungszweck berechnet wurde. Die Personenbelegung während den Messperioden wurde dazu explizit für die einzelnen Wohnungen erfragt. Erst mit dieser Normierung können die Verbrauchswerte von unterschiedlichen Wohnungen mit unterschiedlicher Personenbelegung direkt verglichen werden.

Die festgestellte Streuung der Verbrauchswerte ist auch nach dieser Normierung in jeder Versuchsgruppe und für jeden Verwendungszweck in einem Bereich vom halben bis zum doppelten Referenzwert (50% bis 200%) sehr hoch. Bei Elektrizität, Warm- und Kaltwasser weisen einzelne Wohnungen Verbrauchswerte bis zum 4-fachen des Referenzwertes auf.

Die hohe Streuung der Verbrauchswerte erfordert eine entsprechende Aggregation für die Auswertung. Die Auswertung der Verbrauchsmessungen erfolgte pro Versuchsgruppe über drei auf die Interventionen und Befragungen abgestimmte Messperioden von je 6 Monaten. Vorübergehende Wirkungen des BAM-Systems auf den Energieverbrauch, welche nur wenige Tage oder Wochen anhalten, können mit dieser aggregierten Auswertung nicht festgestellt werden.

Die Auswertung der Verbrauchsmessungen ergab folgende Ergebnisse:

- Die erste Messperiode von November 2017 bis April 2018 ist identisch mit der Hauptinterventionsphase. Aus den Resultaten der Vorstudie wurde erwartet, dass in dieser Phase bis zu 15% reduzierte Verbrauchswerte der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe beobachtet werden können. Bei der Wärme für Raumheizung, dem Elektrizitätsverbrauch und bei Kaltwasser konnte jedoch keine solche Reduktion festgestellt werden. Nur beim Warmwasserverbrauch lagen die Werte der Kontrollgruppe in der ersten Messperiode um rund 20% über den Werten der Experimentalgruppen. Wenn jedoch ein relevanter Effekt der Interventionen auf die Experimentalgruppen vorhanden gewesen wäre, dann hätte der Verbrauch der Experimentalgruppen von der ersten bis zur dritten Periode wieder auf das Niveau der Kontrollgruppen ansteigen müssen. Die Messungen des Warmwasserverbrauchs in der dritten Periode zeigen jedoch, dass sich die Werte der Experimentalgruppen sogar noch gering reduziert haben, aber insbesondere, dass die Werte der Kontrollgruppe auf die Werte der Experimentalgruppen abgesunken sind. Eine

relevante Wirkung der Interventionen auf den Energieverbrauch in der ersten Messperiode konnte damit für keinen der vier Verwendungszwecke nachgewiesen werden.

- In der zweiten Messperiode von Mai 2018 bis Oktober 2018, die Sommerperiode, wurde der Verbrauch für Raumheizung nicht ausgewertet, da diese Verbrauchswerte in den Übergangsmonaten Mai sowie September, Oktober nicht relevant sind. Die Verbrauchswerte für Elektrizität und Warmwasser von allen Versuchsgruppen lagen um teilweise bis zu 20% unter den Werten der ersten Messperiode. Diese Verbrauchsänderungen sind durch die warmen Sommertage und die längere Tageshelligkeit einfach begründet. Als Ausnahme zu den generell tieferen Verbrauchswerten in der Sommerperiode wurde im Gebäude Wädenswil bei Kaltwasser ein deutlicher Verbrauchsanstieg festgestellt. Dieser Anstieg kann mit dem höheren Bedarf für Pflanzenbewässerung aufgrund des grosszügigeren Aussenraums der Wohnungen in Wädenswil gegenüber Zürich plausibel begründet werden.
- In der dritten Messperiode von November 2018 bis April 2019 lagen die Verbrauchswerte der Kontrollgruppe für Raumheizung um rund 15% unter den Werten der Experimentalgruppen. Der Stromverbrauch der Kontrollgruppe ist jedoch gegenüber der ersten Messperiode um rund 10% angestiegen. Dagegen weist die Experimentalgruppe in Zürich gegenüber der ersten Periode einen um rund 10% tieferen Stromverbrauch auf. Der Warmwasserverbrauch liegt bei allen Versuchsgruppen unter den Werten der ersten Messperiode.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Versuchsgruppen mit 7 bis 13 Wohnungen sehr klein sind und die Streuung der Verbrauchswerte innerhalb der Gruppen gross ist. Die Auswertung der Verbrauchsmessungen wurde daher mit umfangreichen Detailarbeiten wie beispielsweise Normierung, Referenzierung und der Erhebung der tatsächlichen Wohnungsbelegung pro Periode ausgeführt. Die in der dritten Messperiode festgestellten Änderungen der Verbrauchswerte können nicht mit einem Späteffekt im Sinne von schwindenden oder sich verstärkenden Wirkungen aus der Interventionsphase erklärt werden. Sie liegen innerhalb des Unsicherheitsbereichs der Auswertung und sind damit als nicht relevant einzustufen. Aus der Auswertung der Verbrauchsmessungen folgt somit keine Evidenz für relevante Wirkungen des untersuchten BAM-Systems auf den gemessenen Energieverbrauch.

1.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Schlussfolgerungen bezüglich Studiendesign und Methodik

Die Rücklaufquoten der Umfragen sind angesichts der dreijährigen Projektlaufzeit als sehr gut einzustufen. Jedoch resultierten tiefe Fallzahlen aufgrund der Aufteilung der Gesamtheit der 92 Wohnungen auf vier Gruppen sowie durch Ausfälle während des Versuchs (z.B. Leerstände, Mieterwechsel).

Die effektive Belegung der Wohnungen und die Anwesenheit der Bewohnenden erwiesen sich für die Interpretation der Verbrauchsmessungen als wesentliche Grössen. Da diese nur über Befragungen ermittelt werden konnten, resultierten auch für die exakte Auswertung der Energieverbrauchsdaten tiefe Fallzahlen.

Um das gleiche Studiendesign mit reduziertem Risiko der tiefen Fallzahlen anzuwenden, müsste die Grundgesamtheit mindestens verdoppelt werden und somit minimal 200 Wohnungen betragen. Die Vergleichbarkeit in Bezug auf die Ausstattung der Wohnungen müsste dabei bestmöglich gewährleistet bleiben. Durch eine Erhöhung der Stichprobe würden die Ergebnisse robuster. Die Generalisierbarkeit auf den Einsatz von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten in anderen als der untersuchten Liegenschaften wäre aber auch mit der Erhöhung der Stichprobe nur dann uneingeschränkt möglich, wenn die identischen Instrumente eingesetzt würden.

Die Messung der Verbrauchswerte bereits vor dem Beginn der Interventionen wäre hilfreich, um die Messwerte während und nach den Interventionen besser interpretieren zu können. Im durchgeführten Feldversuch war dies nicht möglich, da die Wohnungen alle neu bezogen wurden. Mit der Weiterführung der Messungen bis 12 Monate nach der Hauptinterventionsphase konnte im Feldversuch die Plausibilisierung der Messwerte während den Interventionen dennoch gewährleistet werden.

Für den Nachweis von nur kurzfristig anhaltenden Wirkungen auf den gemessenen Energieverbrauch müsste der Energieverbrauch und das Verhalten der Nutzenden gleichzeitig und in einer hohen zeitlichen Auflösung erfasst werden. Dies würde eine konsequente Überwachung der Präsenz und der Aktivität der Nutzenden in der Wohnung über die ganze Versuchsdauer bedeuten. Für einen längerfristig angelegten Feldversuch ist diese permanente Überwachung der Nutzenden aber nicht realistisch vorstellbar.

Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen

Die Ergebnisse des Feldversuchs sind trotz der tiefen Fallzahlen nachvollziehbar und sinnvoll zu interpretieren.

Technische Systeme, welche den Mieterinnen und Mietern energiesparendes Verhalten erleichtern sollen, für diese aber neuartig sind, führen aus den folgenden Gründen nicht per se zu energiesparenderem Verhalten:

- Mieterinnen und Mieter nutzen technische Systeme in der Regel so, wie sie es gewohnt sind, d.h. über Schalter, Taster und Regler am Ort der Wirkung (z.B. Thermostaten an den Heizkörpern) – es sei denn, diese Möglichkeit besteht nicht.
- Neuartige technische Systeme sind – aus Sicht der Mieterinnen und Mieter – schwer verständlich. Durch die vielen Möglichkeiten (z.B. Programmierung der Haustechnik) wird die Bedienung und Anwendung komplexer.
- Mieterinnen und Mieter sind in der Regel nur ansatzweise gewillt, zusätzlichen Aufwand für das Erlernen der Technik aufzubringen.

In der Folge benötigen neuartige technische Systeme eine sorgfältige Einführung und unkomplizierten, rasch und einfach verfügbaren Support, was im Feldversuch nur bedingt aber dadurch auch realitätsnah gegeben war.

Die Erwartung, dass technische Instrumente durch die Vereinfachung von Steuerungen und Regulierungen – beispielsweise eine zentrale Steuerung beim Heizen

oder die Bedienung über ein Smartphone – gleichsam automatisch eine Wirkung entfalten, muss aufgrund dieser Studie in Frage gestellt werden. Die Menschen haben im Feldversuch die technischen Instrumente nicht als Vereinfachungen, sondern als Verkomplizierung wahrgenommen, weil sie nicht gleich funktionieren, wie sie es sich gewohnt sind (z.B. Bedienung über Thermostaten).

Da gemäss den Resultaten des durchgeführten Feldversuchs die technischen Instrumente in Form des Smart-Home-Systems nur eine sehr geringe und gegenüber den eingesetzten Kommunikationsinstrumenten untergeordnete Wirkung entfalten konnten, sind solche Systeme nicht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Energieeffizienz in Haushalten zu betrachten.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen zum Einsatz der Kommunikationsinstrumente können wie folgt zusammengefasst werden:

- Mieterinnen und Mieter sind unmittelbar nach dem Einzug mit Umzugsformalitäten belastet und haben keine Kapazitäten, für sie nicht akut relevante Informationen zu verarbeiten. Auf den Versand von Informationsmaterial unmittelbar nach dem Einzug kann verzichtet werden.
- Da nur eine Minderheit der Mieterinnen und Mieter die eingesetzten Kommunikationsinstrumente ganz gelesen hat, sollten diese Instrumente mit einfachsten Mitteln umgesetzt werden. Auf Lauftext ist möglichst zu verzichten. Viel einfacher zu rezipieren sind Slogans, Merksätze und vor allem visuelle Mittel.
- Bei den Kommunikationsinstrumenten konnte in Einzelfällen ein Boomerang-Effekt beobachtet werden. Über einen solchen Effekt wurde in der Forschung bisher nicht berichtet. In Evaluationsstudien sollte diese Möglichkeit in Betracht gezogen und analysiert werden, ob und unter welchen Bedingungen dieser Effekt systematisch auftritt.

Die Erwartung, dass in einer einzelnen Übungsanlage spezifische Wirkungen von entsprechend spezifischen Kommunikationsinstrumente nachgewiesen werden können, scheint alles in allem nicht realistisch zu sein. Trotzdem können Kommunikationsinstrumente sinnvoll sein, wenn sie als Teil einer Gesamtheit von Sensibilisierungsmassnahmen – beispielsweise im Verbund mit Kommunikationskampagnen – verstanden werden.

.

2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema der möglichen Wirkungspfade von technischen und Kommunikations-Instrumenten auf die Hemmnisse (A+W, UZH)	20
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Wirkungslogik der eingesetzten Instrumente	25
Abbildung 3: Bildung der Versuchsgruppen mit unterschiedlichen Merkmalen	27
Abbildung 4: Schematische Darstellung des zeitlichen Einsatzes der Interventionsinstrumente. Rot = Technik, blau = Kommunikation; Hauptinterventionsphase: Nov. 2017 bis Apr. 2018.....	30
Abbildung 5: Wahrnehmung der Kommunikationsinstrumente, welche vor dem Einzug, nach dem Einzug und bei Beginn der Hauptinterventionsphase versendet wurden.	38
Abbildung 6: Beurteilung Nützlichkeit der Kommunikationsinstrumente, welche vor dem Einzug, nach dem Einzug und bei Beginn der Hauptinterventionsphase versendet wurden.	39
Abbildung 7: Anteil Personen, welche die Anwesenheitssimulation, die Lichtsteuerung und die Steuerung der Heizung und Lüftung über das Display genutzt haben. Daten der dritten Befragungswelle.....	42
Abbildung 8: Beurteilung des Verständnisses der Heizungs-/Lüftungsregulierung und von Digitalstrom sowie des entsprechenden Supports. Daten dritte Befragungswelle.....	43
Abbildung 9: Schematische Darstellung der Berechnung einer Wirkung.	46
Abbildung 10: Schematische Herleitung der Darstellung der bereinigten Wirkung in Prozent. Rot = bereinigte Wirkung.	47
Abbildung 11: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf das Wissen zur energieeffizienten Programmierung von Tumbler und Waschmaschine.....	50
Abbildung 12: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf das Verpflichtungsgefühl, energiebewusst zu handeln.....	52
Abbildung 13: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf das die Absicht, beim Heizen Energie zu sparen.	54
Abbildung 14: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf die Einstellung der Raumtemperatur im Schlafzimmer.....	58
Abbildung 15: Abhängigkeit der Referenzwerte von der Personenzahl	68
Abbildung 16: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe. Winter 17/18.....	69
Abbildung 17: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe personengewichtet. Winter 17/18.....	70
Abbildung 18: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe personengewichtet. Sommer18	71
Abbildung 19: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe personengewichtet. Winter18/19	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung des Forschungsdesigns mit 4 Versuchsgruppen	22
Tabelle 2: Basisdaten der Wohngebäude.....	22
Tabelle 3: Bau- und Ausstattungsgrad der Wohngebäude.....	23
Tabelle 4: Paket 'Technik Plus': Zusammenstellung der Instrumente.....	27
Tabelle 5: Paket 'Kommunikation Plus': Zusammenstellung der einzelnen Instrumente.....	28
Tabelle 6: Befragungs-Kennzahlen auf Personenebene (Anzahl Personen).	33
Tabelle 7: Verteilung soziodemographischer Merkmale innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen	35
Tabelle 8: Übersicht über die Zielfaktoren von Wissen, Haltungen und Einstellungen	48
Tabelle 9: Kurz- und langfristige Wirkungen der Kommunikationsinstrumente und technischen Instrumente auf Handlungswissen, Haltungen und Einstellungen in Prozent.....	49
Tabelle 10: Kurz- und langfristige Wirkungen der Kommunikationsinstrumente und technischen Instrumente auf Verhaltensabsichten in Prozent.....	54
Tabelle 11: Erhobene Zielverhaltensweisen.....	56
Tabelle 12: Kurz- und langfristige Wirkungen der Kommunikationsinstrumente und der technischen Instrumente auf selbstberichtete Verhaltensweisen in Prozent.....	57
Tabelle 13: Definition der Auswertungsperioden der Verbrauchsmessung	62
Tabelle 14: Raumheizung Qh in kWh/m2 nach Periode.....	63
Tabelle 15: Elektrizität, Gesamtverbrauch Wohnung in kWh/m2.....	64
Tabelle 16: Warmwasser Spezifische Verbrauchswerte Liter/P,d.....	64
Tabelle 17: Kaltwasser Spezifische Verbrauchswerte in Liter/P,d.....	64
Tabelle 18: Basis Heizwärmebedarf (gemessene Werte Wi17/18 und Wi18/19, auf 1 Kalenderjahr umgerechnet)	66
Tabelle 19: Lagefaktoren	66

3 Ausgangslage

3.1 Berichtstruktur

In den folgenden Abschnitten sind in Kap. 3.2 die generelle Projektdefinition und in Kap. 3.3 die Ergebnisse der Vorstudie dokumentiert.

In Kap. 4 werden die methodischen Grundprinzipien des Projekts dargestellt. Anschliessend folgen in Kap. 5 die methodische Beschreibung der Befragungen sowie die dazugehörigen Ergebnisse, welche die Wirkungen der Kommunikationsinstrumente und der technischen Instrumente von der Wahrnehmung bis zum Verhalten abdecken. In Kap. 6 sind die methodischen Eckdaten und Ergebnisse der Energieverbrauchsmessungen enthalten. In Kap. 7 und 8 werden schliesslich die Forschungsfragen beantwortet, Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen abgeleitet.

3.2 Projektdefinition

Das Projekt «Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme» (BAM) ist an der Nahtstelle der beiden Themenbereiche von Energieforschung Zürich, «Haushalte» und «Gebäude», positioniert.

Ein benutzergerechtes Assistenz- und Motivationssystem-System umfasst immer sowohl technische Instrumente als auch Kommunikationsinstrumente², welche eine Person bei der Motivation für energiesparendes Benutzungsverhalten und bei der konkreten Umsetzung der dazu erforderlichen Verhaltensweisen unterstützt (assistiert).

Die Idee dieses Projekts bestand darin, die Wirkung eines technischen Instrumentenpakets und eines Pakets von Kommunikationsinstrumenten zur Förderung des energieeffizienten Nutzerverhaltens in Wohnungen einzeln und kombiniert zu untersuchen.

Als technische Instrumente werden Installationen und Geräte bezeichnet, welche durch ihre Funktion allein – z.B. automatische Abschaltsteuerung bei Nichtbenutzung – oder zusätzlich als Grundlage für Kommunikationsinstrumente – z.B. Verbrauchsmessung und Anzeigen des Energieverbrauchs – eine Wirkung entfalten können.

Als Kommunikationsinstrumente werden solche bezeichnet, welche eine Verhaltensoptimierung ohne technische Hilfsmittel anstreben oder darauf abzielen, die Wirkung eines technischen Instruments gezielt zu verstärken.

² Als «Instrumente» werden einzelne Massnahmen und Mittel bezeichnet, welche eingesetzt werden, um bestimmte Wirkungen bei den Zielpersonen zu erreichen. Der Begriff Interventionsinstrumente bezeichnet alle technischen Instrumente und Kommunikationsinstrumente, welche in diesem Projekt eingesetzt wurden.

3.3 Erkenntnisse aus der Vorstudie

Aufgrund der beschriebenen Ausgangslage wurde eine Vorstudie erarbeitet (Baumgartner et al., 2016). Hierbei wurden einerseits die Wirkungspotenziale bei verschiedenen Energieverwendungszwecken dargelegt. Andererseits wurde auf Basis der Kombination des Mensch-Maschine-Systems von Sheridan (1974) und des sozialpsychologischen Handlungsmodells 'Wollen-Können-Tun' von Artho et al. (2012) eine detaillierte Analyse der technischen und motivationalen Hemmnisse vorgenommen, welche Energieeinsparungen durch Nutzerverhalten verhindern oder minimieren können. Hinweise liefert auch der Grundlagenbericht der Stadt Zürich 'Nutzerverhalten beim Wohnen' (2011), mit dem die Relevanz und das Potenzial möglicher Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauches analysiert wurden.

Die Resultate der Vorstudie wurden anhand der drei Projektschritte Potenzialanalyse, Hemmnisanalyse und Auswahl der Instrumente erarbeitet.

3.3.1 Potenzialanalyse

Mit der Potenzialanalyse werden die in der Hauptstudie zu berücksichtigenden Energieverwendungszwecke (i.F. Verwendungszwecke) definiert und die typischen Energieverbräuche je Verwendungszweck sowie die zu erwartenden Wirkungsbandbreiten von BAM-Systemen quantifiziert. Die zu untersuchenden Verwendungszwecke sind wie folgt definiert:

- Wärme für Raumheizung: Dieses Teilsystem umfasst die Aspekte Raumtemperatur, solare Gewinne und Lüftungsverhalten
- Wärme für Warmwasser: Das Teilsystem Wärme für Warmwasser umfasst den Warmwasserbedarf primär für die Körperpflege
- Haushaltstrom: Innerhalb des Verwendungszwecks Haushaltstrom wurden die zwei Subsysteme Waschen & Trocknen sowie Beleuchtung & Geräte zur weiteren Betrachtung ausgewählt.

Das nicht berücksichtigte Teilsystem Kochen ist in sich sehr komplex und sehr stark von der individuellen Lebenssituation und Essenskultur geprägt. Zudem sind wesentliche Anteile des Energieverbrauches für das Kochen – und vor allem auch Kühlen und Gefrieren – vorrangig von der Effizienz der Geräte abhängig und weit weniger vom Benutzungsverhalten.

Die für die weitere Untersuchung definierten Verwendungszwecke Raumheizung, Warmwasser und Haushaltstrom (ohne Kochen) umfassen zusammen zwischen 80% (bei einem Neubau) und 90% (bei einem Bestandesbau) des gesamten Endenergieverbrauches einer Wohnung.

Quantitative Abschätzung der Effizienzpotenziale

Bei der Anwendung eines objektspezifisch zusammengestellten BAM-Systems können, aufgrund bestehender Literatur und eigenen Überlegungen 10 % bis 15 % Energieeinsparungen bei den Verwendungszwecken Wärme für Raumheizung und Wärme für Warmwasser sowie bei Wäsche-Waschen und Trocknen erwartet werden. Für das Teilsystem Beleuchtung und Geräte ist die Erwartung mit

teilweise bis zu 25% etwas höher. Im Feldversuch wurde der gesamte Stromverbrauch gemessen, ohne Unterteilung der Messung in Teilsysteme. Für den gesamten Stromverbrauch einer Wohnung liegt die erwartete Einsparung ebenfalls bei rund 15%.

Diese Prognose gilt für die maximale Intensität der BAM-Massnahmen und für den Mittelwert von mehreren Wohnungen im Vergleich zu einer Benutzung ohne BAM-System.

3.3.2 Hemmnisanalyse

Eine Hemmnisanalyse untersucht systematisch, welche Ursachen ein energiesparendes Benutzungsverhalten im Haushalt behindern können. Die Hemmnisanalyse ist die Grundlage für die Auswahl von geeigneten Instrumenten, mit denen das energiesparende Benutzungsverhalten im Rahmen der drei Energieverwendungszwecke gezielt gefördert werden kann.

Über alle Energieverwendungszwecke hinweg wurden 104 mögliche Hemmnisse gefunden. Sie sind über alle Energieverwendungszwecke verteilt und finden sich in allen Bereichen des sozialpsychologischen Handlungsmodells.

18 Hemmnisse wurden als hemmende Rahmenbedingungen identifiziert. Diese Hemmnisse können mehrheitlich durch bauliche Massnahmen beseitigt werden und sollten bei einem Neubau oder nach einer zeitgemässen Erneuerung des Gebäudes keine Bedeutung mehr haben. Ein Hemmnis, das allerdings nicht behoben werden kann, ist die mangelnde Besonnung des Gebäudes durch Verschattung von Nachbargebäuden oder den Horizont (Berge).

Auswertung der übergeordneten Hemmnisse

Im Bereich Wollen wurde die *ungenügende Verantwortungsübernahme* resp. Verantwortungsabschiebung auf andere Akteure als stärkstes Hemmnis, welches bei allen Energieverwendungszwecken relevant ist, identifiziert. Zusammen mit der Vielzahl Verwendungszweck-spezifischer Hemmnisse, ist dem Bereich Wollen somit die grösste Beachtung zu schenken.

Aus dem Bereich Tun sind diejenigen Hemmnisse, welche bei allen Verwendungszwecken am relevantesten sind, die *Gewohnheiten*, welche dazu führen, dass Absichten vergessen gehen und daher nicht umgesetzt werden sowie *fehlende Disziplin*, welche die gleiche Auswirkung wie Gewohnheiten hat.

3.3.3 Auswahl der Instrumente für ein konkretes BAM-System

Das Ziel für die Instrumentenauswahl eines konkreten BAM-Systems besteht darin, mit möglichst wenigen Instrumenten, die relevantesten Hemmnisse möglichst wirksam abzuschwächen resp. ganz zu eliminieren.

Instrumente für die Minderung spezifischer Hemmnisse sind stets auf den konkreten Fall bezogen zu wählen. Die Ausgestaltung der Instrumente sollte daher stets aufgrund einer Analyse der konkreten Problemstellung erfolgen. Das folgende Schema zeigt, stark vereinfacht, die wesentlichen Beziehungen zwischen Instrumenten und Hemmnissen, die bei der Instrumentenauswahl zu beachten sind.

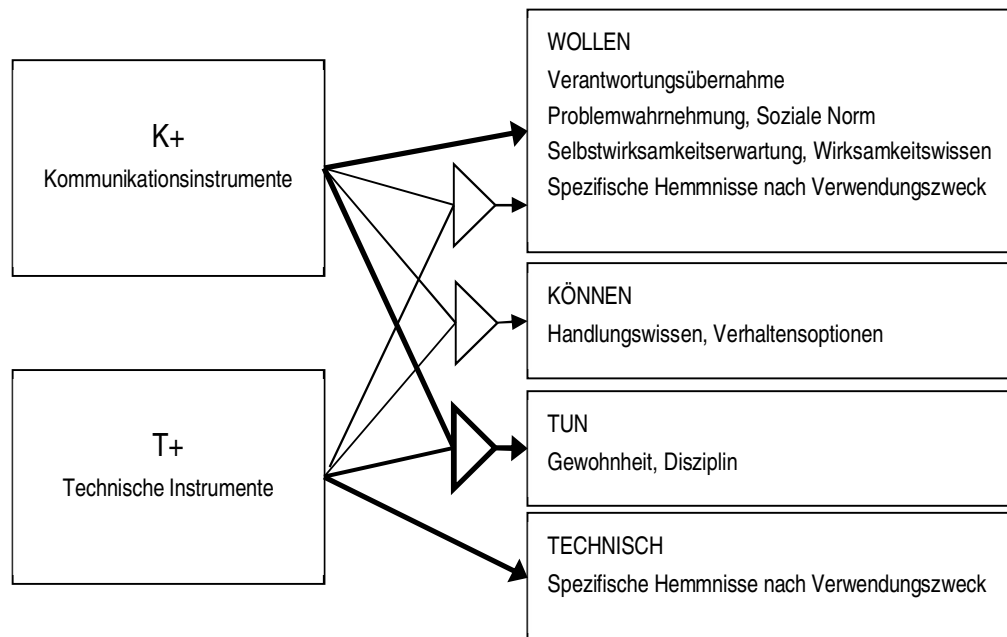


Abbildung 1: Schema der möglichen Wirkungspfade von technischen und Kommunikations-Instrumenten auf die Hemmnisse (A+ W, UZH)

Die fehlende Verantwortungsübernahme, ein stark relevantes übergeordnetes Hemmnis, kann nur mit Instrumenten der Kommunikation bearbeitet werden. Als Instrumente sind Selbstverpflichtungen mit oder ohne Zielvereinbarungen und das Aufzeigen von Vorbildern zu wählen.

Den ebenfalls stark relevanten übergeordneten Hemmnissen der Gewohnheit und der fehlenden Disziplin kann dagegen mit einer Kombination aus sich in der Wirkung verstärkenden Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten begegnet werden. Aus dem Bereich Kommunikation kommen hier Merkblätter und Erinnerungen an Selbstverpflichtung zum Einsatz, die mit Rückmeldungen aus dem technischen System (Feedback) über die unmittelbare Wirkung des Benutzungsverhaltens und zum energierelevanten Betriebszustand der benutzten Geräte und Anlagen verstärkt werden.

Einer grossen Zahl der spezifischen Hemmnisse kann ebenfalls mit einer sich in der Wirkung verstärkenden Kombination von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten begegnet werden. Mit technischen Instrumenten kann z.B. die alltägliche Bedienung der Raumtemperaturregelung erleichtert werden während zusätzlich mit Kommunikationsinstrumenten, die in Bezug auf die Energieeffizienz optimalen Einstellungen mitgeteilt und individuelle Beratung und Optimierung angeboten und durchgeführt werden kann.

Nicht zuletzt können ausschliesslich technische Instrumente zur gezielten Eliminierung von konkreten technischen Hemmnissen eingesetzt werden.

4 Methodik und Vorgehen

Kapitel 4.1 gibt einen Überblick über das prinzipielle Forschungsdesign. Anschliessend folgt die Charakterisierung der Immobilien, in welchen dieses Forschungsprojekt durchgeführt wurde (Kap. 4.2). Schliesslich werden in Kap. 4.3 die Wirkungslogik und die Interventionsinstrumente, welche auf dieser Wirkungslogik aufbauen, beschrieben.

Die methodischen Details zu den Befragungen sowie zu den Energieverbrauchs-messungen sowie zu den entsprechenden Auswertungen werden direkt vor den jeweiligen Ergebnisdarstellungen (Kap. 5: Befragung; Kap. 6 Auswertung Energieverbrauch) beschrieben.

4.1 Forschungsdesign

Beim Forschungsdesign handelt es sich um einen quasi-experimentellen Feldversuch³ mit vier Versuchsgruppen. Die vier Versuchsgruppen werden durch die Kreuzung der zwei Faktoren «technische Instrumente» und «Kommunikationsinstrumente» mit je zwei Ausprägungen gebildet:

Technische Instrumente:

- 'Standard Technik' (T0): Die infrastrukturelle und technische Ausstattung der Wohnungen entspricht einem üblichen Standard, welcher heutzutage von institutionellen Immobilienbesitzenden in Wohnbauten im Segment der Mittelklasse verbaut wird. Es werden keine speziellen technischen Instrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.
- Paket 'Technik Plus' (T+): Die Ausstattung der Wohnungen sollte gegenüber der Ausstattung T0 mit gegenüber T0 zusätzlicher Technik das energiesparende Verhalten der Bewohnenden erleichtern.

Kommunikationsinstrumente:

- 'Standard Kommunikation' (K0): Die Standard Kommunikation entspricht der üblichen Kommunikation zwischen der Liegenschafts-Bewirtschaftung und den Mieterinnen und Mietern. Es werden keine zusätzlichen Kommunikationsinstrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.
- Paket 'Kommunikation Plus' (K+): Zusätzlich zur üblichen Kommunikation zwischen der Verwaltung und den Mieterinnen und Mietern werden gezielt und wiederholt Kommunikationsinstrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.

In der folgenden Tabelle ist die Umsetzung des Forschungsdesigns mit den vier Versuchsgruppen grafisch dargestellt. Für den Feldversuch standen zwei Gebäude zur Verfügung. Die Wohnungen in den zwei Gebäuden resp. die dazugehörigen Personen wurden als Untersuchungseinheiten einer von vier Versuchsgruppen zugeordnet.

³ Quasi-experimentell ist das Design, weil die Zuordnung der Untersuchungseinheiten zu den Versuchsgruppen nicht randomisiert erfolgt. Eine Randomisierung ist in Feldexperimenten in der Regel nicht möglich.

Im Folgenden werden die Versuchsgruppen wie folgt bezeichnet:

- Kontrollgruppe: Die Gruppe, die nur mit den als Standard definierten Instrumenten bedient wird (Zelle T0/K0).
- Experimentalgruppen: Drei Versuchsgruppen, welche mit zusätzlichen Kommunikationsinstrumenten und/oder zusätzlichen technischen Instrumenten bedient werden (Zellen T0/K+, T+/K0, T+/K+).

Wenn im Folgenden alle am Versuch teilnehmenden Gruppen gemeint sind, werden diese generell als Versuchsgruppen bezeichnet. Jede Zelle in Tabelle 1 repräsentiert eine Versuchsgruppe.

Mittels der Kontrollgruppe können die Veränderungen in den Experimentalgruppen aufgeteilt werden in Veränderungen, deren Ursachen projektextern (z.B. Medienberichterstattung, Kampagnen) sind, und in Veränderungen, deren Ursachen die technischen Instrumente resp. die Kommunikationsinstrumente sind (vgl. dazu die Ausführungen in Kap. 5.4.1).

Tabelle 1: Darstellung des Forschungsdesigns mit 4 Versuchsgruppen

Faktor Kommunikationsinstrumente	Faktor technische Instrumente	
	T0: Technik Standard	T+: Technik Plus
K0: Kommunikation Standard	T0/K0 Kontrollgruppe	T+/K0 Experimentalgruppe
K+: Kommunikation Plus	T0/K+ Experimentalgruppe	T+/K+ Experimentalgruppe

4.2 Beschreibung der Immobilien

4.2.1 Basisdaten

Für die experimentelle Feldforschung konnte 2015 die Unternehmung Credit Suisse Real Estate Investment (REIM) gewonnen werden. Sie stellte die damals in Planung befindlichen Wohngebäude – die inzwischen fertig gestellt und bezogen sind – für die Feldforschung zur Verfügung.

Tabelle 2: Basisdaten der Wohngebäude

Gebäudedaten	Gebäude 1 «Zürich»	Gebäude 2 «Wädenswil»
Standortgemeinde	Zürich	Wädenswil
Gebäudestandard	Gesamterneuerung mit Aufstockung. Minergie.	Neubau. Minergie.
Baujahr / Erneuerung	1980 / 2016	2016
Bezug	April 2017	August 2017
Anzahl Gebäude / Wohnungen	1 Gebäude / 42 Wohnungen	1 Gebäude / 50 Wohnungen

- Zürich: Die bestehende Liegenschaft in Zürich (Baujahr 1980) wurde 2016 einer umfassenden Erneuerung unterzogen. Die Gebäudeerneuerung mit insgesamt 42 Wohneinheiten wurde nach den Vorgaben des MINERGIE-Standard geplant und realisiert.
- Wädenswil: Die Wohnsiedlung in Wädenswil wurde im Sommer 2017 als Neubau fertiggestellt und umfasst ein Gebäude (mit 4 Hauszugängen) mit total 50 Wohneinheiten im MINERGIE-Standard und nach den Vorgaben von 'green-property', dem Gütesiegel für nachhaltiges Bauen der Credit Suisse. Das 4-geschossige Gebäude umfasst ein Eingangsgeschoss, vier Wohngeschosse und ein Attikageschoss. Im Eingangsgeschoss befinden sich Keller-, Technik- und Schutzräume sowie daran angrenzend eine Tiefgarage.

4.2.2 Technische Grundausstattung der Gebäude und Wohnungen

Wie aus der nachstehenden Aufstellung hervorgeht, ist die technische Grundausstattung bezüglich der Energieeffizienz in beiden Liegenschaften vergleichbar. Der einzige wesentliche Unterschied besteht bei der Wärmeerzeugungsanlage. Während in Zürich ein kondensierender Gaskessel im Einsatz ist, werden in Wädenswil zwei elektrische Wärmepumpen mit Erdsonden betrieben. Da die energetische Betrachtung primär auf der Ebene der Nutzenergie (Verbrauch der einzelnen Wohnungen) erfolgt, ist der unterschiedliche Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung für den Feldversuch nicht von Bedeutung.

Tabelle 3: Bau- und Ausstattungsgrad der Wohngebäude

Bau- und Ausstattungsgrad	MFH Zürich	MFH Wädenswil
Energiestandard	Minergie Sanierung	Minergie Neubau
Wärmeerzeugung Raumheizung und Warmwasser	Gas kondensierend (1 Zentrale)	Wärmepumpe mit Erdsonden (2 Zentralen)
Wärmeabgabe	Bodenheizung / elektro-thermostatische Einzelraumregulierung.	
Warmwasser	Zentrale Aufbereitung, elektrische Begleitheizung	
Energiemessungen je Wohnung	Wärmezähler Raumheizung (kWh) Warmwasserzähler (L) Kaltwasserzähler (L) Elektrozähler (kWh)	
Komfortlüftung	Einzelraumlüfter je Raum (Typ Fentech)	Lüftungsgerät je Wohnung (Geräte im UG)
Waschen / Trocknen	Waschmaschine und Tumbler in der Wohnung, Energieeffizienzklasse A+++	

4.3 Wirkungslogik und Ausgestaltung der Interventionsinstrumente

Dieses Kapitel beschreibt zuerst die Wirkungslogik inkl. deren empirischen Überprüfung (Kap. 4.3.1). Die Reihenfolge der Darstellung der Ergebnisse ab Kap. 5 wird ebenfalls dieser Wirkungslogik folgen.

Im Kap. 4.3.2 werden die Instrumentenpakete im Überblick vorgestellt bevor sie einzeln detailliert beschrieben werden (Kap. 4.3.3 und 4.3.4). Schliesslich wird der zeitliche Einsatzplan der Instrumente dargestellt (Kap. 4.3.5.).

4.3.1 Wirkungslogik

Darstellung der Wirkungslogik

Die Ausgestaltung der Interventionen basiert auf der Wirkungslogik (vgl. Abbildung 2), welche auf dem sozialpsychologischen Handlungsmodell Wollen-Können-Tun (Artho et al., 2012) beruht.

Damit eine Wirkung erreicht werden kann, müssen die einzelnen Instrumente von den Bewohnenden zuerst wahrgenommen und positiv beurteilt werden. Anschliessend bewirken sie Veränderungen von Wissen, Haltungen und Einstellungen gegenüber dem Thema Energiesparen im Allgemeinen und/oder gegenüber spezifischer energiesparender Zielverhaltensweisen⁴. Basierend auf dem Wissen, den Haltungen und Einstellungen wird eine Verhaltensabsicht generiert, welche im konkreten Verhalten ihren Niederschlag finden kann. Dieses konkrete Verhalten wurde über eine Befragung erhoben. Es handelt sich deshalb um selbstberichtetes Verhalten. Verhaltensänderungen führen schliesslich zu einer messbaren Reduktion des Energieverbrauchs.

Die im Feldversuch angewendete Wirkungslogik ist somit eine lineare Wirkungsfolge über fünf Stufen.

1. Am Anfang der Wirkungsfolge steht die Frage, ob die eingesetzten Instrumente wahrgenommen werden und falls ja, wie sie beurteilt werden.
2. Falls die Instrumente wahrgenommen werden, können sie auf der zweiten Stufe eine Wirkung auf Wissen, Haltungen und Einstellungen entfalten.
3. Auf der dritten Stufe soll eine Absicht generiert werden, sich mehr oder weniger energiebewusst zu verhalten. Die Instrumente können entweder via die zweite Stufe oder aber direkt auf die Verhaltensabsicht wirken.
4. Auf der vierten Stufe können Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten erfolgen. Die Instrumente können via Stufen 2 und 3 oder direkt wirken. «Selbstberichtete» ist das Verhalten, weil es mittels Umfrage erhoben wurde.

⁴ Als Zielverhaltensweisen werden einzelne spezifische Verhaltensweisen bezeichnet, auf deren Veränderung ein Instrument zielt (z.B. Reduktion der Raumtemperatur im Wohnzimmer, Reduktion der Raumtemperatur im Schlafzimmer, Reduktion des Warmwasserverbrauchs beim Duschen etc.).

5. Positive Wirkungen auf die Verhaltensweisen sollten schlussendlich auch als Wirkung auf den gemessenen Energieverbrauch nachgewiesen werden können.

Die nachfolgende Abbildung stellt die Stufen dar, bei denen Wirkungen auftreten müssen, damit sie sich letztlich im gemessenen Energieverbrauch niederschlagen können.

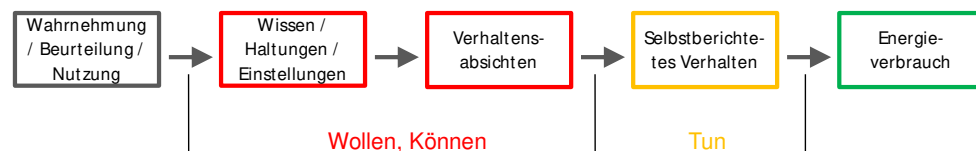


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Wirkungslogik der eingesetzten Instrumente.

Wirkungshemmnisse können grundsätzlich bei jeder Stufe dieser Wirkungslogik und bezüglich jeder Zielverhaltensweise vorkommen. Die Auswahl der Zielverhaltensweisen, auf welcher die Auswahl und Ausgestaltung der Instrumente basiert, sind in der Vorstudie (Baumgartner et al., 2016) detailliert dargestellt.

Es wurden Zielverhaltensweisen für die Energieverwendungszwecke Raumwärme (z.B. Reduktion der Vorgabe-Temperatur, Solareinstrahlung zulassen, Lüftung), Warmwassernutzung (Baden, Duschen) und Nutzung von Haushaltsstrom (z.B. Waschen, Trocknen, Gerätenutzung) untersucht.

Das Ziel der Instrumentenauswahl bestand darin, mit möglichst wenigen Instrumenten die relevantesten Hemmnisse möglichst wirksam abzuschwächen resp. ganz zu eliminieren.

Die wichtigsten Hemmnisse – namentlich Gewohnheiten und Vergesslichkeit – wirken bei allen Zielverhaltensweisen und bei allen Energieverwendungszwecken. Entsprechend wirken auch die Instrumente teilweise bei allen Zielverhaltensweisen aller Energieverwendungszwecke. Gewohnheiten und Vergesslichkeit sind Hemmnisse auf der Stufe des Verhaltens, weil sie verhindern, dass psychologisch gebildete Verhaltensabsichten auch in tatsächliches Verhalten umgesetzt werden.

Test der Wirkungslogik

Die Wirkungslogik wurde mit den empirischen Daten aus diesem Projekt auf Ihre Stimmigkeit hin geprüft. Die Prüfung fokussierte aus zwei Gründen auf den zweiten Teil der Wirkungskette von der Verhaltensabsicht über das selbstberichtete Verhalten bis zum auf Verbrauchsmessungen basierenden Energieverbrauch:

- Der psychologische Teil der Wirkungslogik von der Wahrnehmung bis zur Verhaltensabsicht wurde in verschiedenen Verhaltensbereichen schon mehrfach bestätigt (siehe dazu Artho et al., 2012). Demgegenüber fehlt es in der Forschung weitgehend an Analysen, welche den Zusammenhang zwischen dem selbstberichteten Verhalten und den Verhaltenseffekten – in diesem Fall der Energieverbrauch – analysieren.
- Um die Wirkungslogik konsistent prüfen zu können, müssen die Daten aller Faktoren auf der gleichen Aggregationsebene sein. Weil der Energieverbrauch

auf der Aggregationsebene der Energieverwendungszwecke (Wärme für Raumheizung, Wärme für Warmwasser und Haushaltstrom) gemessen wurde, wurde als Aggregationsebene diese Ebene gewählt. Die Verhaltensabsicht und das selbstberichtete Verhalten wurden ebenfalls auf dieser Aggregationsebene erhoben. Dies gilt ebenso für das Wissen. Haltungen und Einstellung wurden dagegen aus forschungsökonomischen Gründen auf einer übergeordneten Aggregationsebene, d.h. gegenüber energiesparendem Verhalten im Allgemeinen, erhoben.

Alles in allem konnte die Wirkungslogik bestätigt werden. Die Bestätigung war beim Energieverwendungszweck Warmwasser am schwächsten: nur 16% der individuellen Unterschiede beim Verhalten konnten mit den unterschiedlichen Absichten und dem unterschiedlichen Wissen der Bewohnerinnen und Bewohner erklärt werden. Obwohl dieses Ergebnis mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von weniger als 0.1 % ($p < 0.001$) statistisch signifikant ist, sind diese 16 % als tief einzuschätzen.

Die Ergebnisse bei der Wärme für Raumheizung und beim Haushaltsstrom waren statistisch ebenfalls signifikant. Die Anteile der Unterschiede in den Antworten resp. der Unterschiede beim Energieverbrauch, welche durch die Wirkungslogik erklärt werden konnten, waren jedoch höher als beim Warmwasser. Das beste Ergebnis wurde bei der Wärme für Raumheizung erzielt. Die Unterschiede in den Verhaltensweisen bei der Einstellung der Raumtemperatur konnten zu 27 % durch die Absicht und das Wissen erklärt werden. Und die Unterschiede bezüglich des tatsächlichen Energieverbrauchs für die Raumheizung konnte zu 33 % durch die unterschiedlichen Verhaltensweisen der Bewohnenden erklärt werden. Dies sind Werte, welche in der sozialwissenschaftlichen Forschung als mittlere Effekte bezeichnet werden.

4.3.2 Zwei Instrumentenpakete

Das experimentelle Design basiert auf zwei Faktoren mit je zwei Ausprägungen: ohne/mit zusätzlicher Technik (T0 resp. T+) und ohne/mit zusätzlichen Kommunikationsinstrumenten (K0 resp. K+). Es werden somit zwei Instrumentenpakete geschnürt:

- Paket 'Technik Plus' (T+): Dieses Paket umfasst technische Installationen und Geräte, welche in der Immobilie in Wädenswil zum Einsatz kommen, in der Immobilie in Zürich aber nicht.
- Paket 'Kommunikation Plus' (K+): Dieses Paket umfasst Kommunikationsinstrumente, welche in jeweils der einen Hälfte der Wohnungen in Zürich und Wädenswil zur Anwendung kommen. Die Aufteilung der Wohnungen war nach dem folgenden Schema vorgesehen.

Die folgende Abbildung zeigt, wie die Wohnungen in den beiden Immobilien in Wädenswil und Zürich auf die einzelnen Versuchsgruppen aufgeteilt wurden.

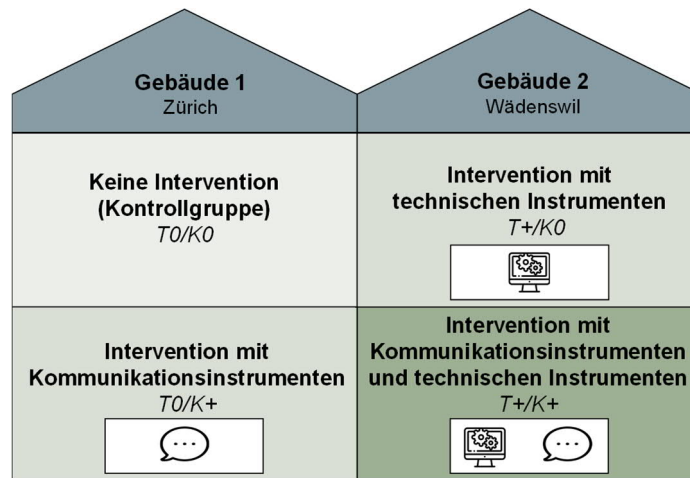


Abbildung 3: Bildung der Versuchsgruppen mit unterschiedlichen Merkmalen

4.3.3 Interventionsinstrumente 'Technik Plus'

Das Paket 'Technik Plus' wurde in der Immobilie in Wädenswil eingesetzt, in der Immobilie in Zürich jedoch nicht. Die notwendige Technik wurde schon beim Einzug der Mieterinnen und Mieter in die neuen Wohnungen zur Verfügung gestellt und wird über die Projektlaufzeit hinaus aktiviert bleiben. Die technischen Instrumente wirken im Wesentlichen auf die Umsetzung von Verhaltensabsichten in tatsächliches Verhalten.

Tabelle 4: Paket 'Technik Plus': Zusammenstellung der Instrumente

Instrument	Beschreibung Paket 'Technik Plus'
Digitalstrom, zentrales Display in der Wohnung («SVEN-Display»)	<p>Dieses Instrument wirkt bei allen Energieverwendungszwecken.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Bedienung / Kontrolle der Raumtemperatur in allen Zimmern - Zentrale Steuerung der Beleuchtung (individuell je Wohnung) - Zentrale Bedienung / Schaltung von Steckdosen - Steuerung der Lüftungsanlage (Laufzeiten, Luftvolumen) - Verhaltensfeedback: Anzeige / Vergleich Energieverbrauch Raumheizung / Warmwasser / Elektro - Zentraler Aus-Ein-Taster im Wohnungseingang - Anwesenheitssimulator - Kontaktaufnahmebutton mit Verwaltung / Bewirtschaftung
Smartphone App «Flow»	<ul style="list-style-type: none"> - Möglichkeit, Digitalstrom-Anwendungen (siehe oben), auf dem Smartphone zu bedienen - Vielfältige Infos zum Wohnen, zum Wohnort, zur Verwaltung etc.

	<ul style="list-style-type: none"> - Übermittlung und Anzeige von News-Meldungen, welche mit Push-Nachrichten angekündigt wurden. Total 11 Meldungen während der Hauptinterventionsphase (Nov. 2017 bis April 2018) - Energiemonitoring: Feedback zur täglichen Nutzung je Verwendungszwecke mit pro Wohnung individuellen Referenzwerten, sowie Übersicht über den monatlichen Verbrauch der letzten zwei Jahre.
Waschmaschine/ Tumbler	<ul style="list-style-type: none"> - Feedback durch die Maschinen vor der Inbetriebsetzung über Füllgewicht, errechneten Stromverbrauch (mit Infos über Reduktionsmöglichkeiten) - Energieoptimierte Default-Einstellungen pro Programm

4.3.4 Interventionsinstrumente 'Kommunikation Plus'

Das Paket der zusätzlichen Kommunikationsinstrumente wird in jeweils der Hälfte der Wohnungen in Wädenswil und in Zürich eingesetzt. Die Kommunikationsinstrumente sind im separaten Dokument «Anhang zum Schlussbericht Feldversuch FP 2.6.1» enthalten.

Tabelle 5: Paket 'Kommunikation Plus': Zusammenstellung der einzelnen Instrumente

Instrument	Beschreibung Paket 'Kommunikation Plus'
Selbstverpflichtung	<p>Die Bewohnenden unterschrieben bei Vertragsabschluss eine Selbstverpflichtung, während der Hauptinterventionsphase ihren Warmwasserverbrauch, die Heizungsenergie und den Verbrauch von Haushaltsstrom so niedrig wie möglich zu halten, ohne Komforteinbussen in Kauf nehmen zu müssen. Die MieterInnen wurden im Versand Anfangs November 2017 zum Start der Hauptinterventionsphase an diese Selbstverpflichtung erinnert.</p> <p>Dieses Instrument wirkt bei allen Energieverwendungszwecken und soll die Umsetzung von Absichten in Verhalten fördern.</p>
Gegenseitige Zielvereinbarung	<p>Bei einer gegenseitigen Zielvereinbarung verpflichten sich auch die Immobilienbesitzerin und/oder die Verwaltung zu bestimmten Zielen. Im aktuellen Fall wurde dies dadurch umgesetzt, dass im Flyer «Gemeinsam in die Energiezukunft» (siehe unten) energetisch vorbildliche Immobilienprojekte der Credit Suisse vorgestellt wurden.</p> <p>Dieses Instrument wirkt analog wie die Selbstverpflichtung.</p>
Versand vor dem Einzug	<p>Rund einen Monat <i>vor</i> dem Einzugsstermin der einzelnen Mieter wurden jeweils folgende Materialien versendet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BFE-Broschüre «Effiziente Beleuchtung im Haushalt» - BFE-Broschüre «Effiziente Elektronik im Haushalt» - Selbstgestaltetes Merkblatt zum Gerätekauf und zur Wohnungseinrichtung. Absender Wincasa. <p>Diese Materialien dienten dazu, Aktivitäten für die neue Wohnung (Kauf von Geräten und Einrichtungsgegenständen, Beleuchtungskonzept und Leuchtmittel), welche schon vor dem Einzug beginnen, zu beeinflussen. Zusätzlich dienten sie dazu, Gewohnheiten aus der früheren Wohnung zu hinterfragen und auf eine andere Spur zu bringen (Umsetzung von Absichten in Verhalten).</p>
Versand beim Einzug	<p>Rund zwei Wochen <i>nach</i> dem Einzugsstermin der einzelnen Mieter wurden jeweils folgende Materialien versendet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BFE-Broschüre «Wasserspass». Tipps zum Wassersparen (z.B. Energieetikette für Sanitärprodukte und Information zum Effekt von A-klassierten Produkten). - Flyer «Angenehmes Raumklima» von EnergieSchweiz mit Tipps für energetisch sinnvollen Verhaltensweisen im Sommer.

	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserkleber (und Maschinenkleber, wo nötig); vgl. nächstes Kommunikationsinstrument. - Diese Materialien dienen dazu, Aktivitäten unmittelbar nach dem Einzug und während des Sommers zu beeinflussen <p>Diese Instrumente dienen als Persuasions- und Informationsmittel zur Zerstreuung von Befürchtungen über individuelle Nachteile (Einstellung) und Erklärung von energieoptimierten Verhaltensweisen (Wissen).</p> <p>Dieses Instrument wirkt bei entsprechender Gestaltung bei allen Energieverwendungszwecken auf Wissen, Haltungen und Einstellungen.</p>
Maschinen- und Wasserkleber	<p>Dies waren Anleitungen für Waschmaschine und Tumbler, welche sehr einfach gehalten waren und deren effiziente Nutzung so veranschaulicht, dass dies innert weniger Sekunden zu bewerkstelligen ist. Diese Anleitungen waren als Kleber konzipiert («Maschinenkleber»). Zusätzlich gab es einen Kleber, welcher an den sparsamen Verbrauch von Wasser erinnerte («Wasserkleber»).</p> <p>In der Immobilie in Zürich sowie bei rund zwei Dritteln der Wohnungen im in Wädenswil waren die Maschinenkleber beim Mietantritt schon an den Maschinen angebracht. Beim letzten Viertel der Wohnungen in Wädenswil waren die Maschinenkleber dem Versand beim Einzug beigelegt.</p> <p>Die Wasserkleber waren dem Versand beim Einzug beigelegt (nur Immobilie in Zürich).</p> <p>Die Kleber wirken auf den Strom- und Wasserverbrauch beim Waschen und Trocknen und sollten die Umsetzung von Absichten in Verhalten fördern.</p>
Broschüre Heizen	<p>Die BFE-Broschüre Heizen mit Köpfchen wurde zusammen mit der Erinnerung an die Selbstverpflichtung und den nachfolgenden Instrumenten dem Versand von Anfang November 2017 zum Start der Hauptinterventionsphase beigelegt. Sie diente zur Beeinflussung der Wahrnehmung, der Denkweise und des Verhaltens im Zusammenhang mit der Raumwärme (Wissen, Haltungen, Einstellungen, Absichten und Verhalten).</p>
Flyer «Gemeinsam in die Energiezukunft»	<p>Hinweise auf andere Siedlungen sollen aufzeigen, dass es schon viele Siedlungen mit optimierter Ausstattung und optimiertem Verhalten gibt. Angereichert mit Top-8 Energiespartipps und Verweisen auf Energiestadt-Standards der Wohngemeinden.</p> <p>Dieser Flyer wurde dem Versand von Anfang November 2017 zum Start der Hauptinterventionsphase beigelegt.</p> <p>Dieses Instrument zielt vor allem darauf, wie stark sich die MieterInnen verantwortliche und moralisch verpflichtet fühlen, sich energieschonend zu verhalten (persönliche Norm) und wirkt bei allen Energieverwendungszwecken. Die Energiespartipps zielten auf die Wahrnehmung der individuellen Vor- und Nachteile des Energiesparens (Einstellungen).</p>
Individuelle Energie-Beratung	<p>Die individuelle Energie-Beratung war als Angebot des jeweiligen Energielieferanten konzipiert, welche die Personen kostenlos und auf Wunsch bei sich zuhause in Anspruch nehmen konnten. Sie dient zur Vertiefung und Individualisierung der Informationen in den Merkblättern.</p> <p>Das Angebot war im Versand von Anfang November 2017 zum Start der Hauptinterventionsphase enthalten.</p> <p>Dieses Instrument wirkt bei allen Energieverwendungszwecken und auf allen Stufen der Wirkungslogik.</p>

Das Instrumentenpaket 'Kommunikation Plus' wurde mit der CS REIM als Immobilienbesitzerin abgesprochen. Der Versand der Kommunikationsinstrumente erfolgt in beiden Wohngebäuden im Namen und mit Absender der beauftragten Bewirtschaftungsfirma Wincasa.

4.3.5 Einsatzplan der Interventionsinstrumente

Die Kommunikationsinstrumente wurden zum gemäss dem jeweiligen Inhalt idealen Einsatzzeitpunkt versendet.

Die technischen Instrumente standen den Bewohnenden der Immobilie in Wädenswil ab Einzugsstermin zur Verfügung (Ausnahme News-Meldungen und Energiemonitoring). Die mittels Push-Nachricht angekündigten News-Meldungen wurden während der Hauptinterventionsphase versendet. Das Energiemonitoring stand ebenfalls ab der Hauptinterventionsphase zur Verfügung.

Als Hauptinterventionsphase wird die Phase mit dem grössten Energiebedarf – Heizperiode im Winter 2017/18 – bezeichnet (November 2017 bis April 2018). Entsprechend erfolgte der wichtigste Versand zu Beginn der Hauptinterventionsphase Anfang November 2017.

Abbildung 4 stellt die zeitliche Abfolge des Einsatzes der Instrumente dar. Weil die Einzugsstermine zwischen den beiden Immobilien (Zürich ab April 2017; Wädenswil ab August 2017) variierten, aber teilweise auch innerhalb der Immobilien gestaffelt waren, ist die Zeit vor und nach dem Einzugsstermin relativ zum Einzugsstermin in Monaten angegeben. Ab Start der Hauptinterventionsphase bis zu deren Ende sind die Monate absolut eingetragen.

Mit blauer Farbe sind die Kommunikationsinstrumente eingetragen, mit roter Farbe die Technikinstrumente. Mit grüner Farbe sind Mietvertragsabschluss und Einzugsstermin eingetragen. Punkte repräsentieren zeitlich punktuelle Ereignisse, Linien permanent verfügbare Instrumente.

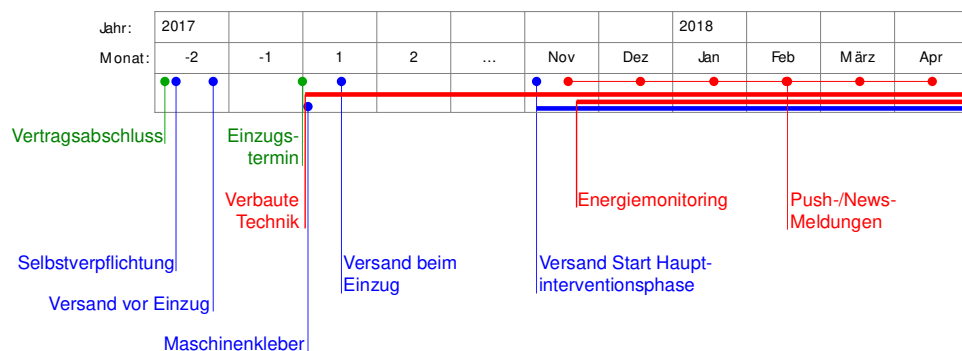


Abbildung 4: Schematische Darstellung des zeitlichen Einsatzes der Interventionsinstrumente. Rot = Technik, blau = Kommunikation; Hauptinterventionsphase: Nov. 2017 bis Apr. 2018.

5 Ergebnisse Befragungsdaten

Mit den Befragungen wurden die ersten vier Stufen der Wirkungslogik erhoben – Wahrnehmung/Beurteilung der Interventionsinstrumente, Wissen/Haltungen/Einstellungen, Verhaltensabsicht und selbstberichtetes Verhalten.

Kap. 5.1 beschreibt die methodischen Rahmenbedingungen sowie die Grundprinzipien der Auswertungen der quantitativen Befragungen wie auch die Methodik der qualitativen Interviews.

In den anschliessenden Kapiteln sind die Ergebnisse entlang der Wirkungslogik enthalten:

- In Kap. 5.2 und 5.3 werden die Ergebnisse zur Wahrnehmung, Beurteilung und Nutzung der Kommunikationsinstrumente und der technischen Instrumente beschrieben (1. Stufe der Wirkungslogik).
- Die Wirkungen der Interventionsinstrumente auf Wissen, Haltungen und Einstellungen (2. Stufe der Wirkungslogik) werden in Kap. 5.4 dargestellt.
- Kap. 5.5 enthält die Wirkungen auf die Verhaltensabsichten (3. Stufe der Wirkungslogik).
- In Kap. 5.6 werden schliesslich die Wirkungen der Interventionsinstrumente auf das selbstberichtete Verhalten berichtet (4. Stufe der Wirkungslogik).

Jedes dieser Kapitel wird abgeschlossen mit einem Fazit zu den wichtigsten Ergebnissen.

5.1 Methoden

Im Rahmen des Projekts BAM wurden drei quantitative standardisierte Befragungen sowie zwei persönliche Interviewrunden durchgeführt.

5.1.1 Quantitative Befragungen: Durchführung, Fragebogen und Stichprobe

Durchführung

Es wurden drei Online-Befragungen (Befragungswellen) bei den gleichen Personen durchgeführt.

Welle 1: Die erste Befragungswelle wurde im Mai 2017 (Immobilie in Zürich) resp. im September 2017 (Immobilie in Wädenswil) jeweils rund einen Monat nach Einzug durchgeführt. Die Staffelung war bedingt durch die gestaffelten Einzugstermine. Die Fragen bezogen sich auf «das letzte halbe Jahr» resp. auf «die alte Wohnung». Fragen zur Raumwärme bezogen sich auf «den letzten Winter» und somit auf den Winter 2016/17. Die Daten der ersten Welle bilden die Baseline an denen die Veränderungen gemessen werden.

Welle 2: Die zweite Befragungswelle wurde im Mai/Juni 2018, d.h. rund ein Jahr nach der ersten Welle durchgeführt. Die Fragen bezogen sich auf «das

letzte halbe Jahr» resp. «den letzten Winter» und somit auf den Winter 2017/18.

Welle 3: Die dritte Befragungswelle wurde im Mai/Juni 2019 und somit rund zwei Jahre nach der ersten Welle durchgeführt. Die Fragen bezogen sich ebenfalls auf «das letzte halbe Jahr» resp. «den letzten Winter», d.h. auf den Winter 2018/19.

Bei allen Befragungswellen wurden denjenigen Personen, welche noch nicht geantwortet hatten, zweimal eine Erinnerung zugestellt. Die zweite Erinnerung war personalisiert und ging auf die spezifischen individuellen Rahmenbedingungen ein.

Fragebogen-Inhalt

Der Inhalt der Fragebogen orientierte sich an den Faktoren, welche mittels der Kommunikationsinstrumente und der technischen Instrumente beeinflusst werden konnten. Die Zusammenstellung dieser Faktoren orientierte sich am Wollen-Können-Tun-Modell (Artho et al., 2012). Die einzelnen Faktoren können der Stufen der Wirkungslogik zugeordnet werden. Die Fragebogen aller drei Erhebungswellen sind im separaten Dokument «Anhang zum Schlussbericht Feldversuch FP 2.6.1» enthalten.

Stufe der Wirkungslogik	Faktor
Wahrnehmung, Beurteilung, Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> - Wahrnehmung, Beurteilung und Nutzung der Kommunikationsinstrumente - Nutzung und Beurteilung der technischen Instrumente
Wissen, Einstellungen, Haltungen	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Wissen</i>: Ausmass des Wissens, wie sechs einzelne energiesparende Verhaltensweisen ausgeführt werden. - <i>Einstellung</i>: Einschätzung der individuellen Folgen von energiesparendem Verhalten, namentlich Aufwand, finanzielle Kosten und Einschränkung der Handlungsfreiheit. - <i>Soziale Norm</i>: Erwartung, welches Ausmass an energiesparendem Verhalten von verschiedenen Bezugskreisen (Familie, FreundInnen/KollegInnen/Nachbarn, Gesellschaft) erwartet wird. - <i>Verpflichtungsgefühl</i>: Ausmass des «schlechten Gewissens», wenn sich jemand nicht oder zu wenig energiesparend verhält.
Verhaltensabsicht	<ul style="list-style-type: none"> - Absicht, sich energiesparender zu verhalten. Energieverwendungszweck-spezifisch.
Verhalten	<ul style="list-style-type: none"> - Tatsächliches selbstberichtetes, energierelevantes Verhalten. 18 einzelne Zielverhaltensweisen.

Stichprobe: Anzahl angeschriebene Personen und Rücklauf

Alle Mieterinnen und Mieter wurden bei Vertragsabschluss gefragt, ob sie bereit seien, eine Zusatzvereinbarung auszufüllen. Mit dieser Vereinbarung gaben sie das Einverständnis, an diesem Projekt und damit an den Befragungen teilzunehmen. Dieses Teilnahmeeinverständnis war jedoch nicht Bedingung für den Abschluss des Mietvertrags.

Die Wohnungen und damit deren Bewohnende wurden bei Vertragsabschluss den einzelnen Versuchsgruppen zugeordnet. Weil erwartet wurde, dass das Einver-

ständnis für eine Teilnahme am Energieprojekt *mit* Zustellung zusätzlicher Kommunikationsinstrumente schwieriger zu erreichen sein würde als die Teilnahme am Projekt *ohne* zusätzliche Kommunikationsinstrumente, wurden die Wohnungen zuerst den Gruppen K+ zugeordnet und erst danach den Gruppen K0. Die Gruppe T0/K0 hatte zusätzlich Priorität vor der Gruppe T0/K+, weil diese als Kontrollgruppe dient und für die Analyse der Wirkungen zentral ist.

Alle Mieterinnen und Mieter, welche rechtzeitig in die Wohnungen einzogen und am Forschungsprojekt teilnahmen sowie über eine E-Mail-Adresse verfügten, wurden angeschrieben. Es handelt sich damit um eine Vollerhebung.

Während der drei Jahre Projektlaufzeit waren Mieterwechsel zu beobachten, was zu Ausfällen führte. Personen, welche ausgezogene Mieter ersetzten («verspäteter Einzug»), wurden ab der zweiten Befragungswelle keiner Versuchsgruppe mehr zugeteilt.

In der folgenden Tabelle sind die Stichprobenzahlen aufgeführt.

Tabelle 6: Befragungs-Kennzahlen auf Personenebene (Anzahl Personen).

Anzahl Personen	T0/K0	T0/K+	T+/K0	T+/K+	K.Zut.*	Total
Total	28	35	17	44	40	164
Keine Teilnahme	-	-	-	-	24	24
Ausfälle**	9	19	8	16	16	68
Alle Wellen versendet	19	16	9	28	-	72
W1 gemacht	17	15	5	23	-	60
W2 gemacht	15	14	4	21	-	54
W3 gemacht	14	11	4	19	-	48
Alle Wellen gemacht	13	11	3	16	-	43
Rücklauf in %	68.4	68.8	33.3	57.1	-	59.7

* K.Zut. = Keine Zuteilung zu den Gruppen

** Mögliche Gründe: Verspäteter Einzug, verfrühter Auszug, Rückzug von Teilnahmen, keine E-Mail-Adresse

Die wesentlichsten Ergebnisse der Tabelle 6 sind:

- In der Gruppe T+/K0 stehen nur drei Personen zur Verfügung, welche alle drei Wellen mitgemacht haben. Gründe:
 - Leerstände bei der ersten Welle
 - Prioritäre Zuteilung zu K+-Gruppen
 - Schlechtere Rücklaufquoten in den Gruppen mit zusätzlicher Technik (Gruppen mit T+; Gebäude in Wädenswil) gegenüber den Gruppen ohne zusätzliche Technik (Gruppen mit T0; Gebäude in Zürich).
 - Schlechtere Rücklaufquoten in der Gruppe T+/K0 gegenüber der Gruppe T+/K+.

Die Gruppe T+/K0 konnte aufgrund dieser geringen Fallzahlen nicht ausgewertet werden.

- In den anderen Gruppen reichen die Fallzahlen für statistische Analysen aus.
- Die Rücklaufquoten über alle drei Jahre und Befragungs-Wellen hinweg sind – mit Ausnahme der Gruppe T+/K0, welche nicht ausgewertet wurde – als gut zu bezeichnen. Von allen Personen, welche alle drei Wellen ausfüllen konnten, haben 60% auch alle drei Befragungen ausgefüllt.

Charakterisierung der Stichprobe

In Tab. 9 sind die Verteilungen des Alters, der letzten Ausbildung, der Haupttätigkeit sowie der Studienaffinität der Tätigkeits-Branche innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen⁵ zusammengestellt.

Die Gruppe T+/K0 ist grau dargestellt, weil diese Gruppe nur drei Personen umfasst. Damit die Totalwerte alle teilnehmenden Personen umfassen, wurde die Gruppe an dieser Stelle beibehalten.

Die Branche wurde erhoben, um feststellen zu können, ob in einzelnen Gruppen mehr Personen wohnen, welche in einem Berufsumfeld mit Affinität zur aktuellen Studie wohnen. Das Berufsfeld «Umwelt, Energie» wurde aufgrund des Forschungsthemas, die beiden Branchen «Baugewerbe, Architektur» und «IT/Telekommunikation» aufgrund des Studenumfelds resp. des technischen Instrumentenpakets als studienaffin eingeordnet.

Die Auswertungen zeigen folgende Auffälligkeiten:

- Es sind keine statistisch signifikanten Unterschiede mit einer statistischen Fehlerwahrscheinlichkeit unter 5% ($p < 0.05$) festzustellen.
- In allen Gruppen sind mehr als drei Viertel der Personen jünger als 41 Jahre alt.
- Der Bildungsgrad ist über alle Gruppen relativ hoch. In der Gruppe T+/K+ ist der Bildungsgrad tendenziell höher, aber statistisch nicht signifikant.
- Der Umstand, dass sich die Wohnungen der Immobilie in Wädenswil an ein höheres Mietersegment richtet, widerspiegelt sich nicht im Bildungsgrad.
- Mehr als drei Viertel der befragten Personen sind Vollzeit berufstätig.
- In allen Gruppen beträgt der Anteil Personen, welche in einer studienaffinen Branche arbeiten, 25% oder weniger.

⁵ Die Gruppe T+/K0 umfasst nur 3 Personen. Prozentuale Angaben sind deshalb an sich nicht sinnvoll. Sie wurden der Vollständigkeit halber trotzdem beibehalten.

Tabelle 7: Verteilung soziodemographischer Merkmale innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen .

		Versuchsgruppen				Total
		T0/K0	T0/K+	T+/K0	T+/K+	
		%	%	%	%	
Altersklassen	Bis und mit 30 Jahre	38.5	30.0	0.0	33.3	31.7
	31 bis 40 Jahre	30.8	40.0	66.7	53.3	43.9
	41 bis 50 Jahre	23.1	10.0	33.3	13.3	17.1
	51 und mehr Jahre	7.7	20.0	0.0	0.0	7.3
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Letzte Ausbildung	Berufslehre	0.0	10.0	0.0	25.0	11.9
	Vollzeitberufsschule, Matur, Höhere Berufsschule	23.1	20.0	33.3	50.0	33.3
	Technikerschule, Höhere Fachschule, Fachhochschule	30.8	30.0	0.0	0.0	16.7
	Universität, ETH	46.2	40.0	66.7	25.0	38.1
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Haupttätigkeit	Vollzeit berufstätig	76.9	70.0	100.0	87.5	81.0
	Teilzeit berufstätig	7.7	20.0	0.0	12.5	11.9
	Hausfrau/-mann	7.7	0.0	0.0	0.0	2.4
	Anderes	7.7	10.0	0.0	0.0	4.8
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Branche	Studienaffin	23.1	11.1	33.3	25.0	22.0
	Nicht studienaffin	76.9	88.9	66.7	75.0	78.0
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

5.1.2 Quantitative Befragungen: Auswertung

Bei allen Auswertungen werden die einzelnen auswertbaren Versuchsgruppen verwendet und dargestellt. Die Versuchsgruppe T+/K0 wird allerdings ausgeschlossen, weil die Stichprobengrösse mit 3 Personen/Haushalten für sinnvolle Ergebnisse zu klein ist. Eine Ausnahme bilden Auswertungen, bei denen die beiden Gruppen mit zusätzlicher Technik (T+/K0 und T+/K+) zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Auf diese Ausnahmen wird im Text hingewiesen.

Auswertung der Wahrnehmung, Nutzung und Beurteilung der Instrumente

Die Wahrnehmung, Nutzung und Beurteilung von technischen Instrumenten resp. von Kommunikationsinstrumenten kann nur bei Personen ausgewertet werden, welche überhaupt mit den jeweiligen Instrumenten konfrontiert wurden.

- Für die Auswertung der Wahrnehmung, Nutzung und Beurteilung der Kommunikationsgruppen sind dies somit die Gruppen T0/K+ und T+/K+.

- Für die Auswertung der Wahrnehmung, Nutzung und Beurteilung der technischen Instrumente werden die beiden Gruppen mit zusätzlicher Technik (T+/K0 und T+/K+) zu einer Gruppe zusammengefasst

Auswertung der Wirkungen

Als Wirkung wird die Veränderung in einer Gruppe (z.B. Verhaltensabsicht oder selbstberichtetes Verhalten) bezeichnet, welche ausschliesslich auf die eingesetzten Instrumente zurückzuführen ist. Wie die Wirkung der Instrumente von anderen Wirkungen (z.B. durch Medienberichte) isoliert wird, ist vor den entsprechenden Ergebnissen in Kap. 5.4 im Detail beschrieben.

Die Wirkung des Einsatzes von Technik ohne gleichzeitige Kommunikationsinstrumente (d.h. bei der Gruppe T+/K0, welche zu wenige Personen hat) wird mittels Analogieschlüssen aus dem Vergleich der Wirkungen bei den Gruppen T0/K+ und T+/K+, sowie mittels der Erkenntnisse aus den Interviews abgeschätzt.

Signifikanz und Relevanz

Die statistische Signifikanz wird im Hinblick auf die *Generalisierung* der Ergebnisse auf andere vergleichbare Immobilien berechnet. Aufgrund der kleineren Stichproben als erwartet, müssen die Unterschiede allerdings sehr gross sein, um statistisch signifikant zu werden. Generalisierungen auf vergleichbare Immobilien sind jedoch auch aus zwei zusätzlichen Gründen zurückhaltend vorzunehmen,

- Es werden die Wirkungen der jeweils ganzen Instrumentenpakete ausgewertet. Diese dürften kaum identisch in anderen Immobilien eingesetzt werden.
- Die Grundausstattung von Immobilien, in welchen analoge Instrumente möglicherweise eingesetzt werden, dürfte sich von jener der in diesem Projekt verwendeten Immobilien unterscheiden.

Im Hinblick auf Aussagen zu den beiden untersuchten Immobilien ist wesentlich, dass es sich im vorliegenden Fall um eine Vollerhebung handelt. Die statistische Signifikanz ist für Aussagen zu den beiden untersuchten Immobilien aufgrund der hohen Rücklaufquoten innerhalb der dargestellten Versuchsgruppen daher nicht von Bedeutung⁶.

Um die Wirksamkeit trotzdem beurteilen zu können, wird deshalb das Kriterium der *Relevanz der Wirkungen* verwendet. Zur Operationalisierung der Relevanz werden die im Vorprojekt (Baumgartner et al., 2016) formulierten Wirkungserwartungen verwendet.

Die detaillierten Wirkungserwartungen sind je nach Verwendungszweck und eingesetzten Instrumenten unterschiedlich, bewegen sich jedoch meist zwischen 10 % und 15 %. Als relevant werden aufgrund dessen Wirkungen ab 12.5% beurteilt. Es werden drei Wirkungsstufen unterschieden:

- Mässige Wirkung: Wirkungen zwischen 12.5 % und 14.9 %
- Starke Wirkungen: Wirkungen zwischen 15.0 % und 19.9 %

⁶ Für eine Übersicht unter welchen Bedingungen die Anwendung von inferenzstatistischen Methoden bei einer Vollerhebung allenfalls doch sinnvoll wäre, siehe beispielsweise Behnke, J. (2005). Lassen sich Signifikanztests auf Vollerhebungen anwenden? Politische Vierteljahresschrift. 46(1). <https://doi.org/10.1007/s11615-005-0240-y>.

- Sehr starke Wirkungen: Wirkungen von 20% oder mehr

Die Definition des Begriffs «Wirkung» findet sich unmittelbar vor der Darstellung der Wirkungsergebnissen in Kap. 5.4.

5.1.3 Interviews

Gesamthaft wurden 19 persönliche Leitfaden-Interviews durchgeführt, gleichmässig verteilt auf die vier Versuchsgruppen. 11 Interviews wurden im ersten Quartal 2018, d.h. am Ende der Hauptinterventionsphase durchgeführt. Acht Interviews fanden ein Jahr später im ersten Quartal 2019 statt.

Bei der Personenauswahl wurde auf eine möglichst gute Gleichverteilung auf Alter, Geschlecht, und Immobilien geschaut (vgl. dazu Dokumentation im separaten Dokument «Anhang zum Schlussbericht Feldversuch FP 2.6.1»)

Die Terminfindung gestaltete sich sehr schwierig, so dass mit rund der Hälfte der Personen telefonische Interviews geführt wurden. Bei der anderen Hälfte fanden die Interviews in den Wohnungen der interviewten Personen statt. Die Interviews dauerten ca. drei Viertelstunden.

Alle Interviews wurden mit Einverständnis der Teilnehmenden aufgenommen. Die Auswertung erfolgte anhand eines Auswertungsrasters ohne Transkription.

Die Interviewergebnisse fliessen direkt in die Berichterstattung der Auswertungen der quantitativen Daten ein.

5.2 Wahrnehmung und Beurteilung der Kommunikationsinstrumente

Die eingesetzten Kommunikationsinstrumente können in die drei Kategorien «Broschüren und Flyer», «Kleber» und «Energieberatung» eingeteilt werden. Die genaue Beschreibung dieser Kommunikationsinstrumente findet sich in Kap. 4.3.4.

5.2.1 Broschüren und Flyer

Wahrnehmung und Nutzung der Broschüren und Flyer

Es wurden drei Bündel von Broschüren und Flyer postalisch verschickt: vor dem Einzug, kurz nach Einzug sowie zu Beginn der Hauptinterventionsphase Anfangs November 2017.

Abbildung 5 zeigt die Wahrnehmung und Nutzung dieser drei Bündel von Broschüren und Flyern. Die Materialien wurden nur an Personen der Kommunikationsgruppen versendet, weshalb diese Ergebnisse nur die beiden K+-Gruppen umfassen. Die Auswertungen berücksichtigen alle Personen, welche die erste Befragung ausgefüllt haben (für Broschüren und Flyer vor und kurz nach dem Einzug), resp. die erste und zweite Welle ausgefüllt haben (Broschüren und Flyer zum Start der Hauptinterventionsphase).

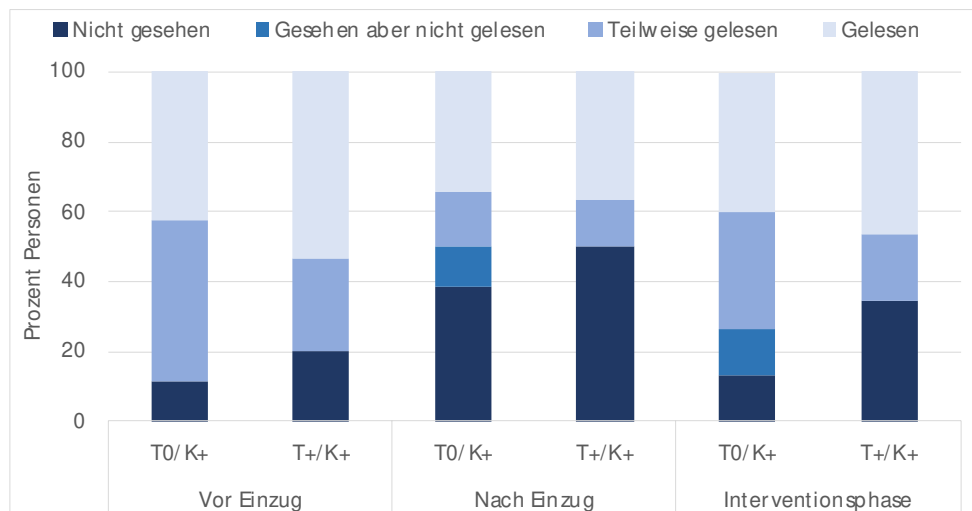


Abbildung 5: Wahrnehmung der Kommunikationsinstrumente, welche vor dem Einzug, nach dem Einzug und bei Beginn der Hauptinterventionsphase versendet wurden.

Die Broschüren und Flyer, welche vor dem Einzug und bei Beginn der Hauptinterventionsphase verschickt wurden, wurden von 65 % bis 88 % der Personen gesehen und mindestens teilweise gelesen. Dies kann als gute bis sehr gute Wahrnehmungsquote bezeichnet werden.

Insbesondere die Wahrnehmungsquoten der Broschüren und Flyer zum Start der Hauptinterventionsphase können als sehr gut beurteilt werden, weil zwischen diesem Versand und der Befragung ein halbes Jahr lag, was die Erinnerungsquoten in der Regel reduziert. Bei den postalischen Versänden lagen nur rund ein bis drei Monate zwischen Versand und Befragung.

Es gibt nur wenige Personen, welche die Broschüren und Flyer wahrgenommen, aber nicht mindestens teilweise gelesen haben. Dies spricht für die gestalterische Qualität dieser Materialien.

Die Broschüren und Flyer kurz nach dem Einzug dagegen sahen nur 50% resp. 61% der Personen. Dies dürfte damit zusammenhängen, dass die Mieterinnen und Mieter kurz nach dem Einzug immer noch mit Ein- und Umzugsformalitäten und -aufgaben beschäftigt waren. In den Interviews gab es vereinzelt Aussagen, welche auf diese Problematik hindeuten («Beim Einzug haben wir einen ganzen Packen an Information bekommen»).

Beurteilung der Broschüren und Flyer

Abbildung 6 stellt die Beurteilung der Nützlichkeit der Broschüren und Flyer nach Experimentalgruppen dar. Zur Auswertung kamen nur Personen, welche diese Materialien gesehen hatten.

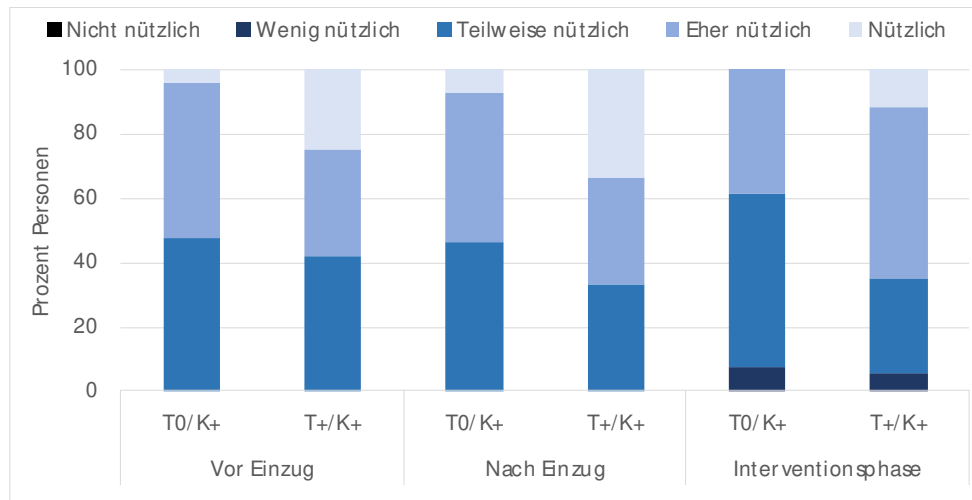


Abbildung 6: Beurteilung Nützlichkeit der Kommunikationsinstrumente, welche vor dem Einzug, nach dem Einzug und bei Beginn der Hauptinterventionsphase versendet wurden.

Die Broschüren und Flyer werden generell als eher nützlich bezeichnet. Dies kommt vor allem dadurch zum Ausdruck, dass die Option «nicht nützlich» von niemandem und die Option «wenig nützlich» nur von einzelnen Personen benutzt wurden.

Diese Ergebnisse werden dadurch gestützt, dass in den Interviews nicht alle, aber einige Personen angaben, von gewissen Inhalten gelernt zu haben («Habe vom Statement zum Wasser am meisten gelernt.») und/oder gewisse Tipps direkt umgesetzt zu haben («Die Broschüren haben mich daran erinnert, dass man die Ladegeräte ausstecken sollte – das mache ich nun auch konsequent.»; «Die Informationen zur Heizungseinstellung habe ich 1:1 umgesetzt.»).

Diese Ergebnisse können als gut gewertet werden. Dass sie nicht als sehr gut beurteilt werden, liegt daran, dass nur wenige Personen die Broschüren und Flyer vorbehaltlos als nützlich beurteilten – mit gut 30 % noch am meisten bei den Broschüren und Flyer, welche nach dem Einzug zugestellt wurden (Gruppe T+/K+). Entsprechend ist trotz alles in allem guter Wahrnehmung und Beurteilung noch Optimierungspotenzial vorhanden. Aufgrund der Interviews scheinen folgende Optimierungsmöglichkeiten die wichtigsten zu sein:

- Einfachere Formulierungen
- Konsequenter Nutzung visueller statt textlicher Mittel
- Weniger Kommunikationsinstrumente pro Versand, dafür häufigere Versände

5.2.2 Wahrnehmung und Beurteilung der Aufkleber

Es wurden zwei Arten von Aufklebern verwendet:

- **Maschinenkleber:** Aufkleber für Waschmaschine und Tumbler, mit Illustration, wie diese Geräte am effizientesten genutzt werden. Die Kleber wurden vor dem Bezug der Wohnungen an die Maschinen geklebt. In der Immobilie in Zürich wurden die Kleber teilweise per Post geschickt.
- **Wasserkleber:** Diese Aufkleber sollten dazu animieren, möglichst Kalt- anstelle von Warmwasser zu benutzen. Die Kleber wurden nur an die Mieterinnen und Mieter von Wohnungen in Zürich postalisch verschickt. In Wädenswil wurden keine Wasserkleber abgegeben und stattdessen eine Newsmeldung zu Wassereffizienz verfasst, welche mittels Push-Meldung über die Immobilien-spezifische App angekündigt wurde. Die Wasserkleber können daher nur für das Objekt in Zürich ausgewertet werden.

Die Kleber wurden über alles gesehen nicht sehr erfolgreich rezipiert. Knapp die Hälfte aller Personen hat die Kleber nicht wahrgenommen oder nicht aufgeklebt. Von der anderen Hälfte wurden die Kleber durchgezogen beurteilt. Letztlich finden nur rund ein Viertel (Maschinenkleber) resp. ein Fünftel (Wasserkleber) die Kleber eher nützlich oder nützlich.

Die Auswertungen zeigen zusätzlich auf, dass der Streuverlust durch den Postversand gross war. Bei den Wasserklebern wurde er durch die schlechte Beurteilung noch verstärkt.

Die genauen Zahlen sind im separaten Dokument «Anhang zum Schlussbericht Feldversuch FP 2.6.1» enthalten.

5.2.3 Energie-Beratung

Eine Energieberatung wurde den Mieterinnen und Mietern der K+-Gruppen mit dem Versand zu Beginn der Hauptinterventionsphase im November 2017 angeboten. Die Beratung wurde kostenfrei und am Wohnort der Mieterinnen und Mieter angeboten. Die Mieterinnen und Mieter mussten jedoch selbst aktiv werden und bei der Verwaltung den Bedarf anmelden.

Die Beratung wurde nur in einem einzigen Fall in Anspruch genommen. Die Kombination von Selbstinitiative, zeitlichem Aufwand und eventuell auch die Vorstellung, fremde Personen in der Wohnung zu haben, sowie damit verbundenen organisatorischen Aufwände (Putzen, Bewirten, Small-Talk), führten offensichtlich dazu, dass das Angebot zu wenig attraktiv war.

5.2.4 Fazit: Wahrnehmung der Kommunikationsinstrumente

Alles in allem kann trotz gewissem Optimierungspotenzial festgestellt werden, dass die wichtigsten Kommunikationsinstrumente, die Broschüren und Flyer, gut bis sehr gut aufgenommen und beurteilt wurden. Die Selbstverpflichtung wurde zwingend wahrgenommen, weil sie im Rahmen der Vertragsunterschrift unterschrieben wurde.

Das Optimierungspotenzial liegt im Wesentlichen darin, dass Kommunikationsmaterialien nicht unmittelbar nach dem Einzug verschickt werden sollten und die Inhalte möglichst visuell und einfach präsentiert werden müssen.

Bei den Klebern ist ein grosser Streuverlust insbesondere durch den postalischen Versand festzustellen. Die Nützlichkeit der Kleber wurde durch die Bewohnenden angezweifelt.

Die Energieberatung war im Gegensatz zu den anderen Kommunikationsinstrumenten ein Angebot mit Hol-Schuld. Dies erwies sich als grosse Hürde für die Inanspruchnahme, obwohl das Angebot gratis war und bei den Bewohnenden zuhause hätte stattfinden können.

5.3 Nutzung und Beurteilung der technischen Instrumente

Die Berichterstattung zur Nutzung und Beurteilung der technischen Instrumente ist eingeteilt in die Abschnitte «zentrales Display und Digitalstrom⁷» und «Smartphone App 'FlowApp'».

Weil die technischen Instrumente den Bewohnenden des Objekts in Wädenswil permanent zur Verfügung standen, wurde deren Nutzung und Beurteilung auch in allen drei Befragungswellen erhoben. Für die Auswertungen wurden – soweit nichts anderes erwähnt wird – alle Personen des Objekts in Wädenswil berücksichtigt, welche alle drei Befragungen ausgefüllt haben und in diesem Objekt wohnen (T+-Gruppen⁸).

5.3.1 Zentrales Display und Digitalstrom

Das zentrale Display in der Wohnung und Digitalstrom sind in den Wohnungen verbaute Angebote für die Bewohnenden des Objekts in Wädenswil.

Das zentrale Display bietet Steuerungsmöglichkeiten beispielsweise der Heizung und des Lüftungssystems, des Lichts oder der Storen und spezifische zusätzliche Anwendungen wie beispielsweise ein Anwesenheitssimulator oder ein Kommen/Gehen-Schalter, mit dem der Stromverbrauch bei Abwesenheit mit einem Knopfdruck auf ein Minimum reduziert werden kann.

Digitalstrom bietet den Bewohnenden die Möglichkeit, handelsübliche Elektrogeräte wie z.B. eine Kaffeemaschine oder eine Ständerlampe programmiert ein- und auszuschalten, via Smartphone zu bedienen oder auch über Sprache oder Gesten steuern zu können. Auch die kombinierte Programmierung von Geräten ist

⁷ Der Begriff «Digitalstrom» wird als Kurzform für das SmartHome-System verwendet, mit welchem Geräte (wie zum Beispiel Lampen, Jalousien, Rollläden oder Heizungen) durch spezielle Klemmen «digitalisiert» werden. Dadurch können sie mit netzwerkfähigen Geräten (wie zum Beispiel Küchengeräte oder WLAN-basierten Soundsystemen) vernetzt werden. Das zentrale Display wird speziell erwähnt, weil es das Kernstück dieses Netzwerks ist, über welches alle angeschlossenen Geräte individuell reguliert und programmiert werden können. Die schon beim Wohnungsbezug verbaute Geräte und Anlagen (Heizung, Lüftung, Deckenbeleuchtung) konnten standardmässig über das zentrale Display gesteuert werden. Es standen jedoch auch die üblichen Steuerungsmöglichkeiten in den Zimmern (z.B. Lichtschalter) zur Verfügung. «digitalSTROM» ist der Markenname des beschriebenen SmartHome-Systems im Objekt in Wädenswil.

⁸ Die beiden Gruppen T+/K0 und T+/K+ wurden zusammengefasst.

möglich. Dazu wird für jedes Gerät (z.B. Ständerlampe, Wecker, Kaffeemaschine) ein spezieller Digitalstrom-Adapter benötigt, welche die Bewohnenden auf eigene Rechnung anschaffen und selbst montieren können.

Nutzung

Nur 5% aller Bewohnenden des Objekts in Wädenswil haben Adapter montiert und programmiert, um von den Digitalstrom-Möglichkeiten profitieren zu können. Weitere 5% haben Adapter gekauft, aber nicht programmiert. Alle anderen nutzen die zusätzlichen Möglichkeiten, welche Digitalstrom im Vergleich mit Analogstrom bietet, nicht.

Demgegenüber werden die Steuerungsmöglichkeiten über das Display häufiger genutzt. Dabei lässt sich feststellen, dass die Nutzungshäufigkeit davon abhängig ist, wie häufig eine Anwendung reguliert werden muss und wie umständlich eine Regulierung an der Anwendung selbst ist.

Letzteres kann anhand der Lichtregulierung, welche aus Sicht der Bewohnenden meist einfacher über die Taster in den einzelnen Zimmern reguliert werden, gezeigt werden. Eine Person sagte im Interview: «Wir müssen manchmal ans Panel [Display, Anm. d. A.], weil die Lichtschalter nicht gehen.»

Diese Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit von der Notwendigkeit und vom Komfort ist exemplarisch in Abbildung 7 dargestellt. Während der Anwesenheitssimulator als nicht notwendige Funktion nur von 17 % der Bewohnenden genutzt wurde, wurde die Lichtsteuerung von 72 % und die Heizungs-/Lüftungsregulierung von allen Personen über das Display genutzt⁹. Alle Ergebnisse zur Nutzungshäufigkeit sind im separaten Dokument «Anhang zum Schlussbericht Feldversuch FP 2.6.1» enthalten.

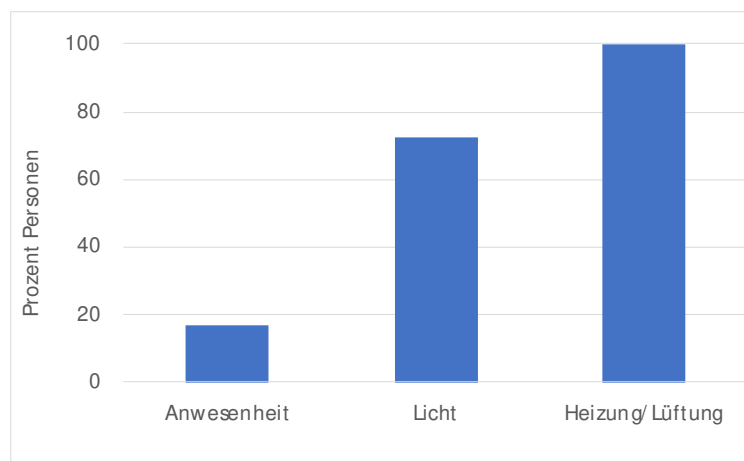


Abbildung 7: Anteil Personen, welche die Anwesenheitssimulation, die Lichtsteuerung und die Steuerung der Heizung und Lüftung über das Display genutzt haben. Daten der dritten Befragungswelle.

⁹ Die Lüftung konnte nur über das zentrale Display gesteuert werden.

Beurteilung

Das Verständnis der Regulierung des Heizungs-/Lüftungssystems und der Digitalstrommöglichkeiten sowie die Beurteilung des jeweiligen Supports stehen exemplarisch für die Beurteilung des zentralen Displays und von Digitalstrom.

Jede fünfte Person (22%), welche im Objekt in Wädenswil wohnt, versteht die Regulierung des Heizungs-/Lüftungssystems nur ungenügend (vgl. Abbildung 8). Die Möglichkeiten, welche Digitalstrom bietet, verstehen beinahe fast drei Viertel der Bewohnenden (72 %) gar nicht oder ungenügend.

Die Ergebnisse zur Beurteilung des Supports sind noch dramatischer: Nur 28% (Heizung/Lüftung) resp. 22 % der Bewohnenden beurteilen den Support als gut. Letzteres lässt sich gut so interpretieren, dass mehr Support nötig gewesen wäre und das Verständnis von Heizung, Lüftung und Digitalstrom klar mangelhaft war. Sinnbildlich dazu ein Zitat aus den Interviews: «Wenn alles gut funktioniert, dann ist das super. Sich aber in die Technik/Programmierung reinzudenken, da hätte ich mir mehr Unterstützung gewünscht.»

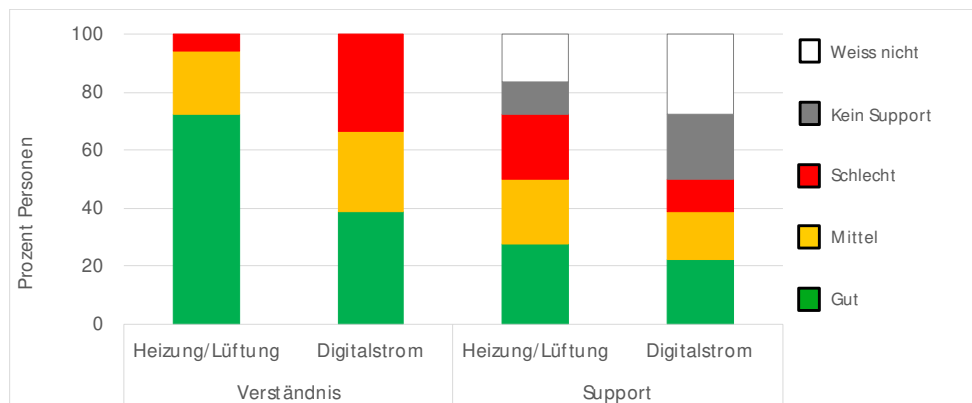


Abbildung 8: Beurteilung des Verständnisses der Heizungs-/ Lüftungsregulierung und von Digitalstrom sowie des entsprechenden Supports. Daten dritte Befragungswelle.

Zusätzlich scheint die ganze Technik nicht immer richtig zu funktionieren – oder die Bewohnenden interpretierten die Effekte ihrer Manipulationen falsch. Auf jeden Fall gab es in den Interviews mehrere Aussagen in diese Richtung. Zwei davon als Beispiele: «Leider ist mir aufgefallen, dass das Display des Öfteren nicht richtig funktioniert»; «Es [das Display; Anm. d. A.] ist sehr langsam und hatte schon mehrere Bugs»

5.3.2 Smartphone App «FlowApp»

In der Immobilie in Wädenswil war für die Mieterinnen und Mieter die Smartphone App «FlowApp» verfügbar. Hinsichtlich des vorliegenden Projekts sind vor allem zwei in die App integrierte Funktionen von Bedeutung:

- Newsmeldungen: Mittels Push-Meldungen an die App wurde auf News-Einträge verwiesen, welche im Laufe der Hauptinterventionsphase in unregelmässigen Abständen verfasst wurden und ebenfalls über die App eingesehen werden konnten.

- Energiemonitoring: Zu Beginn der Hauptinterventionsphase wurde das «Energiemonitoring» aufgeschaltet, welches für die individuelle Wohnung den aktuellen, täglichen und monatlichen Verbrauch von Strom, Warm- und Kaltwasser sowie Heizenergie anzeigte.

Rund die Hälfte aller Bewohnenden hatten die Push/Newsmeldungen (50 %) resp. das Energiemonitoring (56 %) während der Hauptinterventionsphase¹⁰ nicht wahrgenommen. Dies liegt hauptsächlich daran, dass 36 % der Personen die «FlowApp» gar nicht auf ihr Smartphone oder Tablet heruntergeladen hatten. Zusätzliche 14% der Personen fanden die Push/Newsmeldungen nicht nützlich. Der entsprechende Wert zur Nutzung des Energiemonitorings beträgt 13 %.

Letztlich haben 36 % der Personen die Push/Newsmeldungen angeschaut und mindestens als teilweise nützlich beurteilt.

Das Energiemonitoring wurden von knapp einem Drittel der Personen (31 %) mindestens angeschaut und als mindestens teilweise nützlich beurteilt (vgl. Detailauswertungen im separaten Dokument «Anhang zum Schlussbericht Feldversuch FP 2.6.1».)

Die Wahrnehmungs- und Nutzungsquoten der News-Einträge ist insbesondere angesichts des erheblichen Aufwands für die Bereitstellung als enttäuschend einzustufen. Aus den Interviews geht hervor, dass die Beurteilung der Nützlichkeit auch darunter gelitten hat, dass die «FlowApp» – in welche die News-Meldungen integriert waren – selbst als «nicht gut», «umständlich» oder als «nicht so cool» empfunden wurde.

5.3.3 Fazit: Nutzung und Beurteilung der technischen Instrumente

Alles in allem kann festgehalten werden, dass rund die Hälfte bis zwei Drittel der Personen die einzelnen technischen Möglichkeiten und Informationskanäle genutzt haben und von diesen wieder die Hälfte (das heisst rund ein Drittel aller Personen) diese Möglichkeiten als nützlich einschätzen. Speziell ist auch festzuhalten, dass die Wahrnehmungs-, Nutzungs- und Beurteilungsquoten im Vergleich zu jenen der Kommunikationsinstrumente deutlich schlechter sind.

Im Einzelnen ist erstens festzustellen, dass technische Möglichkeiten insbesondere dann verbreitet angewendet werden, wenn dafür keine oder nur deutlich aufwändigere Alternativen bestehen, resp. wenn die Nutzung zwingend ist.

Zweitens zeigen die Beurteilungen, dass die technischen Möglichkeiten – wenn Sie bekannt sind und genutzt werden – teilweise nicht verstanden und deshalb als wenig nützlich beurteilt werden. Bei bestimmten Anwendungen wie beispielsweise der Raumheizung kann dies auch darauf zurückzuführen sein, dass sich das System z.B. aufgrund der noch laufenden Bautrocknung noch nicht eingespielt hatte.

Drittens wird der Support insbesondere in Bezug auf Digitalstrom als ungenügend beurteilt. Mittels eines unkomplizierten, schnellen und einfachen Supports könnte

¹⁰ Die Auswertungen basieren auf den Personen der T+-Gruppen, welche die zweite Welle ausgefüllt haben (N = 32).

unweigerlich auftretenden Schwierigkeiten sofort entgegengetreten und die Nutzung und das Verständnis dadurch gesteigert werden.

Schliesslich ist festzuhalten, dass für eine optimale Wirkung von Anwendungsmöglichkeiten und Informationen über das Smartphone, das vordringliche Ziel in der Verbesserung der Download- und Nutzungsraten einer App bestehen muss.

5.4 Wirkungen auf Wissen, Haltungen und Einstellungen

5.4.1 Einleitung

Definition «Bereinigte Wirkung»

«Bereinigte Wirkung» oder im Folgenden auch nur «Wirkung» bedeutet in vorliegendem Kontext eine Veränderung einer Messgrösse (z.B. Verhaltensabsicht) von einem Messzeitpunkt zu einem anderen, welche ursächlich auf die Interventionsinstrumente in vorliegendem Projekt (projektinterne Faktoren) zurückgeführt werden kann. «Bereinigt» ist die Wirkung deshalb, weil Einflüsse von projektexternen Faktoren (z.B. Medienberichterstattung, Kampagnen, Naturkatastrophen etc.) herausgerechnet wurden.

Die Wirkungen der projektinternen Faktoren innerhalb einer Experimentalgruppe werden von den Einflüssen projektexterner Faktoren getrennt, indem von den Veränderungen einer Experimentalgruppe die Veränderungen der Kontrollgruppe abgezogen werden. Abbildung 9 stellt idealtypisch und mittels fiktiver Daten für zwei Messzeitpunkte eine positive Veränderung bei der Kontrollgruppe T0/K0 (b) und eine noch positivere Veränderung bei der Experimentalgruppe T+/K+ (a) dar, was in einer positiven Wirkung resultiert ($a - b$).

Zur statistischen Analyse der Wirkungen der Kommunikationsinstrumente resp. der technischen Instrumente wurden zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung auf einem Faktor verwendet.

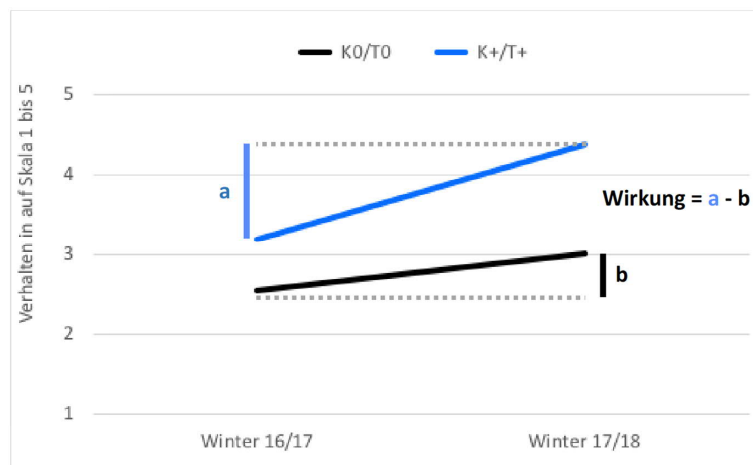


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Berechnung einer Wirkung.

Eine Wirkung kann jedoch nicht nur – wie in Abbildung 9 dargestellt – durch eine positivere gemessene Veränderung bei der Experimentalgruppe als bei der Kontrollgruppe zustande kommen. Vielmehr sind alle Kombinationen möglich. Beispielsweise kann ein positiver Effekt auch dadurch entstehen, dass die Veränderung bei der Experimentalgruppe von einem Messzeitpunkt zu einem zweiten weniger negativ war als bei der Kontrollgruppe.

Grafische Darstellung der Wirkungen

Damit die Wirkungen der Interventionsinstrumente schnell erfasst und sowohl unter sich als auch mit den erwarteten Wirkungen verglichen werden können, werden die Wirkungen erstens in Prozent dargestellt. Zweitens werden nur die bereinigten Wirkungen dargestellt, weil bei drei Messzeitpunkten und drei Versuchsgruppen die Komplexität der Ergebnisse andernfalls zu gross wäre.

- Darstellung in Prozent: Die Wirkungen werden in Prozent des Mittelwerts der jeweiligen Skala dargestellt. Beispielsweise beträgt bei einem auf einer Skala von 1 bis 5 in Welle 1 gemessenen Wert von 3.0 und mit einer Wirkung von + 0.375 die prozentuale Wirkung + 12.5 % (Skalenmitte = 3; 0.375 ist 12.5 % von 3). Wirkungen ab 12.5 % werden aufgrund der Arbeiten in der Vorstudie (Baumgartner et al., 2016) als relevant betrachtet (vgl. Kap. 5.1.2).
- Bereinigte Wirkungen: Es werden nur die bereinigten Wirkungen dargestellt, d.h. nur Wirkungen, welche auf die Interventionsinstrumente in vorliegendem Projekt zurückgeführt werden können (siehe letzter Abschnitt).

Schliesslich werden die Messzeitpunkte mit den einzelnen Winterhalbjahren beschriftet, weil sich die Fragen im Fragebogen jeweils auf diese Zeitperioden beziehen.

Die Abbildung 10 zeigt beispielhaft und mittels fiktiver Daten wie die Darstellung der bereinigten Wirkungen einer Experimentalgruppe T+/K+ in Prozent zustande kommt (links) und schliesslich aussieht (rechts). In der rechten Abbildung ist die Entwicklung der Kontrollgruppe T0/K0 herausgerechnet und somit auf null Prozent standardisiert. Es sind nur noch die bereinigten Wirkungen der Experimentalgruppe T+/K+ zu sehen.

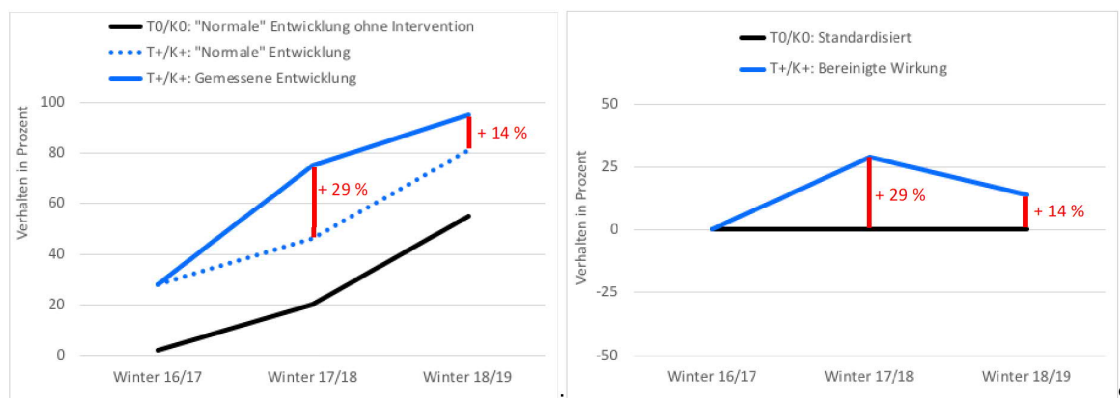


Abbildung 10: Schematische Herleitung der Darstellung der bereinigten Wirkung in Prozent. Rot = bereinigte Wirkung.

Die Ergebnisse der Befragungen werden entlang der Wirkungslogik (vgl. Kap. 4.3.1) berichtet. Als Erstes folgen gleich anschliessend die Ergebnisse zur Wirkung der Interventionsinstrumente auf Wissen, Haltungen und Einstellungen. Kap.

5.5 thematisiert die Wirkungen auf die Verhaltensabsichten und in Kap. 5.6 sind die Ergebnisse zu den Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten dargestellt. Die Wirkungen auf den gemessenen Energieverbrauch werden in Kap. 6 erläutert. Die einzelnen Kapitel werden jeweils mit einem Fazit abgeschlossen, welches die wichtigsten Ergebnisse umfasst.

Bei der Berichterstattung ist folgendes zu beachten:

- Weil die Gesamtheit aller Ergebnisse zu umfangreich und zu komplex ist, werden diese summarisch berichtet und anhand von Beispielen grafisch dargestellt.
- Alle einzelnen Ergebniszahlen zu den Wirkungen sind im separaten Dokument «Anhang zum Schlussbericht Feldversuch FP 2.6.1» enthalten.
- Positive Werte bedeuten entsprechend dem Zweck des Projekts immer gute Werte im Hinblick auf das Ziel, Energie zu sparen.
- Alle Fragen zu Wissen, zu Haltungen, Einstellungen, Verhaltensabsichten und Verhalten, waren auf das der Befragung vorausgehende Winterhalbjahr bezogen.
- Mit kurzfristigen Wirkungen sind Wirkungen zwischen der ersten und zweiten Erhebung gemeint (von Winter 16/17 bis Winter 17/18).
- Mit langfristigen Wirkungen sind Wirkungen zwischen der ersten und dritten Erhebungswelle gemeint (von Winter 16/17 bis Winter 18/19).

5.4.2 Ergebnisse

Übersicht

Tabelle 8: Übersicht über die Zielfaktoren von Wissen, Haltungen und Einstellungen

Bereich	Zielfaktor
Wissen	<ul style="list-style-type: none"> - Programmierung energieeffizientes Waschen/Trocknen - Gerätekauf auf Basis Energieetikette - Standby ausschalten - Möbel heizungsoptimiert platzieren - Optimales Lüften - Heizung regulieren
Einstellungen	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Aufwand - Spart Geld - Handlungsfreiheit bleibt erhalten
Haltungen	<ul style="list-style-type: none"> - Soziale Norm: Familie - Soziale Norm: Freunde/Nachbarn - Soziale Norm: Gesellschaft - Persönliche Norm: Verpflichtungsgefühl, sich energiesparend zu verhalten

Tabelle 8 zeigt alle Zielfaktoren im Bereich Wissen, Haltungen und Einstellungen, auf welche die Kommunikationsinstrumente und die technischen Instrumente wirken sollten. Wissen, Haltungen und Einstellungen bilden nach der Wahrnehmung und Beurteilung der Interventionsinstrumente die zweite Stufe der Wirkungslogik. Wissen, Haltungen und Einstellungen wurden aus forschungsökonomischen Gründen auf einer übergeordneten Aggregationsebene, d.h. gegenüber energie-sparendem Verhalten im Allgemeinen, erhoben.

Die folgende Tabelle zeigt in der Übersicht die kurz- und langfristigen Wirkungen der Kommunikationsinstrumente allein (Gruppe T0/K+) und der Kombination von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten (Gruppe T+/K+) auf das Handlungswissen, auf Haltungen und auf Einstellungen. Wie in Kapitel 5.1.2 im Abschnitt «Auswertung der Wirkungen» beschrieben ist die Gruppe T+/K0 aufgrund zu kleiner Gruppengrösse nicht dargestellt. Die isolierte Wirkung der technischen Instrumente allein muss deshalb durch die Kombination der Wirkungen der beiden dargestellten Gruppen erschlossen werden.

Diese Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben.

Tabelle 9: Kurz- und langfristige Wirkungen der Kommunikationsinstrumente und technischen Instrumente auf Handlungswissen, Haltungen und Einstellungen in Prozent

Legende:		Der Effekt ist ...			
		... negativ zw. 12.5 und 14.9%		... positiv zw. 12.5 und 14.9%	
		... negativ zw. 15% und 20%		... positiv zw. 15% und 20%	
		... negativ mehr als 20%		... positiv mehr als 20%	
		Kurzfristige Wirkung		Langfristige Wirkung	
		T0/K+ %	T+/K+ %	T0/K+ %	T+/K+ %
Handlungswissen	Programmierung Waschen/Trocknen	- 3.0	6.7	23.0	20.7
	Gerätekauf auf Basis Energieetikette	24.3	- 8.3	21.7	- 6.3
	Standby ausschalten	- 4.0	- 6.0	3.0	- 20.7
	Möbel heizungsoptimiert platzieren	16.0	19.7	22	20.3
	Optimal Lüften	- 2.7	- 6.3	- 2.7	- 6.3
	Heizung regulieren	- 31.3	- 29.0	- 16.3	3.3
Haltungen	Soziale Norm: Familie	16.0	8.3	35.3	3.0
	Soziale Norm: Freunde/Nachbarn	- 7.7	3.7	37.0	24
	Soziale Norm: Gesellschaft	2.0	1.0	28.3	5.0
	Persönliche Norm	11.7	32.7	- 3.7	6.7
Einstel- lungen	Geringer Aufwand	- 2.3	2.0	4.0	1.3
	Spart Geld	- 1.0	- 11.0	- 9.3	- 5.0
	Handlungsfreiheit bleibt erhalten	7.3	- 13.0	7.7	- 7.7

Keine Wirkungen auf Einstellungen

Als Erstes kann festgehalten werden, dass die Interventionsinstrumente praktisch keinen Einfluss gehabt haben – weder darauf, wie stark die Handlungsfreiheit als bedroht wahrgenommen wurde, noch darauf, wie aufwändig und wie finanziell lohnend energiesparendes Verhalten im Haushalt beurteilt wurde. Diese weitestgehende Wirkungslosigkeit auf die Einstellungen gilt sowohl für die Kommunikations- wie auch für die technischen Instrumente und sie gilt für die kurzfristige Wirkung genauso wie für langfristige Wirkung.

Kommunikationsinstrumente wirkten besser als technische Instrumente

Generell kann als zweites festgestellt werden, dass die Kommunikationsinstrumente auf Wissen und Haltungen besser gewirkt haben als die technischen Instrumente. Dies gilt insbesondere für die langfristigen Wirkungen in den Bereichen Wissen und soziale Normen.

Exemplarisch dafür sind die Ergebnisse zum Wissen über die Einstellungen von energieeffizienten Programmen bei Waschmaschine und Tumbler (Abbildung 11).

- Die Kommunikationsinstrumente entfalteten kurzfristig zwar keine Wirkung, langfristig jedoch schon (+ 23%).
- Bei den technischen Instrumenten ist jedoch keine Wirkung festzustellen, weil sich die Wirkungskurve der Gruppe mit Kommunikationsinstrumenten und mit Technik (T+/K+) fast parallel zur jener der Gruppe T0/K+ präsentiert.

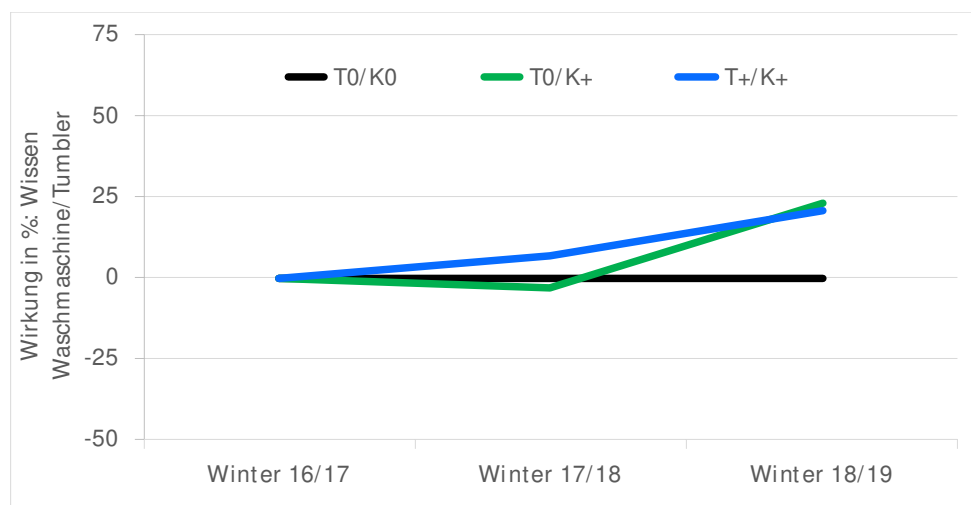


Abbildung 11: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf das Wissen zur energieeffizienten Programmierung von Tumbler und Waschmaschine.

Dass die Kommunikationsinstrumente im Fall des Wissens zur Einstellung der energieeffizientesten Programme von Waschmaschinen und Tumbler nur langfristig wirkten, kann dadurch erklärt werden, dass die Bewohnenden das Verständnis der Maschinen zuerst erlernen mussten und die Kommunikationsinstrumente erst anschliessend Wirkung entfalten konnten. Die Wirkungslosigkeit der technischen Instrumente liegt bezüglich Waschmaschinen und Tumbler auf der Hand: Die technischen Instrumente sollten insbesondere auf die Regulierung und Steuerung

der Haustechnik erleichtern und bezogen sich weniger auf die Waschmaschinen und Tümpel.

Langfristig keine oder kontraproduktive Wirkungen der Technik

Drittens sind langfristig keine positiven, teilweise gar kontraproduktiven Wirkungen der technischen Instrumente zu beobachten. Keine Wirkung ist auf dieser psychologischen Ebene nicht überraschend, weil die Technik insbesondere helfen sollte, Absichten in tatsächliches Verhalten umzusetzen und weniger dazu, die Motivation und das Wissen der Bewohnenden zu beeinflussen.

Kontraproduktive Wirkungen sind besonders beim Wissen und bei der sozialen Norm feststellbar. Stellvertretend dafür steht das Wissen darüber, wie das Stand-by bei Geräten ausgeschaltet werden soll. Die Bewohnenden der Immobilie in Wädenswil (Gruppen T+) konnten das Stand-by mittels Kommen-Gehen-Schalters mit einem Knopfdruck beim Verlassen des Hauses ausschalten. Der diesbezügliche Wissensstand sank jedoch langfristig um 20 % - vermutlich, weil die Personen durch die vielen Steuerungs- und Regulierungsmöglichkeiten verwirrt wurden. Diese Verwirrung geht aus Aussagen aus den Interviews hervor. Mit Bezug auf die Lichtregulierung sagte eine Bewohnerin: «Ein Riesenproblem habe ich im Eingangsbereich, wenn ich die Lampe ausstelle, dimmt sie sich ganz leicht. Habe ich auch schon erwähnt, aber keiner hat was gemacht.»

Einzelne Fading-out Effekte

Viertens sind punktuell auch Fading-out Effekte, d.h. die langfristige Abschwächung kurzfristiger Wirkungen zu beobachten. Beispielhaft dafür sind die Wirkungen auf das persönliche Verpflichtungsgefühl, sich energiesparend zu verhalten (Abbildung 12).

- Die Kommunikationsinstrumente wirkten in diesem Fall kurzfristig (+ 12 %). Langfristig fiel diese Wirkung jedoch wieder in sich zusammen.
- Die technischen Instrumente verstärkten die kurzfristigen Wirkungen auf das Verpflichtungsgefühl (gesamthaft + 33 %). Diese kurzfristige Wirkung der technischen Instrumente ist allerdings eine Ausnahme. Langfristig verpuffte aber auch diese Wirkung wieder.

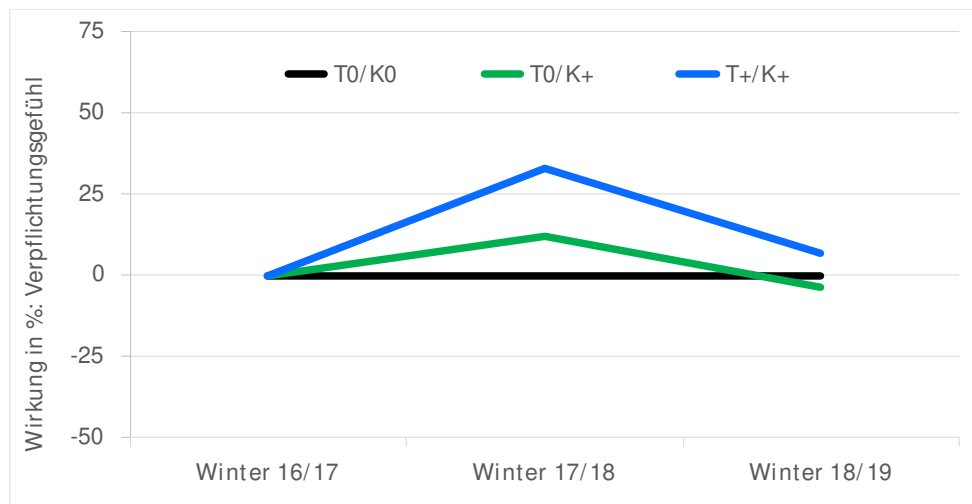


Abbildung 12: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf das Verpflichtungsgefühl, energiebewusst zu handeln.

Dieses langfristige Verblässen von Wirkungen auf psychologische Variablen ist typisch für Interventionen wie beispielsweise Kampagnen. Wie Abbildung 12 zeigt, konnte dieser Effekt auch in diesem Projekt punktuell festgestellt werden. Dass die technischen Instrumente langfristig keine (oder teilweise sogar kontraproduktive) Wirkung hatten, wird auch durch dieses Ergebnis bestätigt.

Kontraproduktive Effekte bzgl. des Heizungs-/ Lüftungssystem

Fünftens bekundeten die Bewohnenden vor allem kurzfristig Mühe mit der Heizungs- und Lüftungsregulierung. Dies ist deshalb erwähnenswert, weil durch die Raumwärmeaufbereitung am meisten Energie verbraucht wird. Die negativen Wirkungen (kurzfristig rund - 30%) finden sich in gleichem Ausmass sowohl in der Gruppe T0/K+ als auch in der Gruppe T+/K+. Das bedeutet, dass diese Wirkungen auf die zusätzliche Kommunikation zurückzuführen sind.

Dies kann in Kombination mit den ansonsten positiven Wirkungen der Kommunikationsinstrumente so interpretiert werden, dass die Kommunikationsinstrumente einen grundsätzlichen Willen zur besseren Heizungsregulierung auslösten.

Dadurch wurde die Komplexität der Regulierungsmöglichkeiten mit dem neuen Smart-Home-System erst offensichtlich. Die zusätzliche Technik konnte diesen Eindruck nur langfristig, nicht aber kurzfristig kompensieren.

Die Heizungs- und Lüftungstechnik scheint zumindest im ersten Jahr für die Mieterinnen und Mieter zu komplex zu sein und/oder nicht richtig funktioniert zu haben. Diese Interpretation stammt auch aus den Ergebnissen der Interviews. Eine Aussage lautete: «Wie die Heizung und die Lüftung funktioniert im Haus ist für mich ein grosses Fragezeichen.» Beispielhaft dafür ist auch die Aussage von einer Mieterschaft, welche aussagte, dass sie die Heizung teilweise auf 30 Grad eingestellt hätten, die Raumtemperatur aber trotzdem nicht wesentlich gestiegen sei. Und den Bezug zu MINERGIE belegt diese Aussage: «Die Heizung funktioniert in einem Minergiehaus ganz anders. ... Darum muss ich manchmal die Heizung höher drehen, als man es sonst tun würde.»

Solche Misserfolge führen unweigerlich zur Untergrabung einer Absicht, energiesparend zu heizen. Die Interpretation der zu hohen Komplexität wird auch durch eine Aussage einer in Wädenswil wohnenden Person bestätigt, welche den fehlenden Support für die technischen Installationen bemängelte (Zitat: «Ich höre nie von meiner Verwaltung – sie hören meistens von mir. Ich bin recht unzufrieden.»)

Fazit: Wirkungen auf Wissen, Haltungen und Einstellungen

Auf die Einstellungen, das heisst auf die Wahrnehmung der vorhandenen Handlungsfreiheit, des Aufwands und der finanziellen Kosten resp. Gewinne hatten die Interventionsinstrumente keinen Einfluss. Auf das Wissen über das richtige Einstellen des Heizungs- und Lüftungssystems wirkten die Kommunikationsinstrumente kurzfristig kontraproduktiv.

Generell erzeugten die Kommunikationsinstrumente vor allem langfristig positive Wirkungen.

Die technischen Instrumente erzeugten kurzfristig meist keine Wirkungen, punktuell sind jedoch sowohl positive wie auch kontraproduktive Wirkungen festzustellen. Langfristig sind keine positiven Wirkungen der technischen Instrumente mehr festzustellen.

Schliesslich ist in einzelnen Fällen (Verpflichtungsgefühl) auch zu beobachten, dass sich kurzfristige Wirkungen auf lange Sicht wieder abschwächen (Fading-out).

Alles in allem wirkten Kommunikationsinstrumente somit besser als die technischen Instrumente.

5.5 Wirkungen auf Verhaltensabsichten

Übersicht

Die Darstellung der Wirkungen auf die Verhaltensabsichten erfolgt in der gleichen Art und Weise wie die Darstellung der Wirkungen auf Wissen, Haltungen und Einstellungen (vgl. Kap. 5.4.1)

Verhaltensabsichten sind die dritte Stufe der Wirkungslogik. Die Verhaltensabsichten wurden spezifisch für die drei Energieverwendungszwecke Wärme für Raumheizung, Wärme für Warmwasser und Haushaltsstrom erhoben, wobei beim Haushaltsstrom noch unterschieden wurde in Gerätenutzung und den Stromverbrauch für das Waschen und Trocknen.

Tabelle 10 zeigt in der Übersicht die kurz- und langfristigen Wirkungen der Kommunikationsinstrumente allein (Gruppe T0/K+) und der Kombination von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten (Gruppe T+/K+) auf die Verhaltensabsichten. Wie in Kapitel 5.1.2 im Abschnitt «Auswertung der Wirkungen» beschrieben ist die Gruppe T+/K0 aufgrund zu kleiner Gruppengrösse nicht dargestellt. Die isolierte Wirkung der technischen Instrumente allein muss deshalb durch die Kombination der Wirkungen der beiden dargestellten Gruppen erschlossen werden.

Nachfolgend werden diese Ergebnisse beschrieben.

Tabelle 10: Kurz- und langfristige Wirkungen der Kommunikationsinstrumente und technischen Instrumente auf Verhaltensabsichten in Prozent.

Legende: Der Effekt ist ...				
	... negativ zw. 12.5 und 14.9%		... positiv zw. 12.5 und 14.9%	
	... negativ zw. 15% und 20%		... positiv zw. 15% und 20%	
	... negativ mehr als 20%		... positiv mehr als 20%	
	Kurzfristige Wirkung		Langfristige Wirkung	
	T0/K+	T+/K+	T0/K+	T+/K+
	%	%	%	%
Heizen	13.7	9.7	-31	-17.7
Waschen/Trocknen	-6	-1.3	4.7	-0.7
Warmwasser	0.3	0.3	-19.3	-12.3
Geräte	27.3	5.7	21.7	-4.7

Wirkung der Kommunikationsinstrumente

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die positiven Wirkungen auf Wissen, Einstellungen und Haltungen nur teilweise in den Verhaltensabsichten niedergeschlagen haben. Dies gilt insbesondere für die langfristigen Wirkungen.

Die Kommunikationsinstrumente wirkten kurzfristig positiv auf die Absicht, beim Heizen Energie zu sparen (14 %; vgl. Abbildung 13), und vor allem auf die Absicht, bei der Gerätenutzung Strom zu sparen (+27 %). Während bezüglich der Gerätenutzung diese Wirkung langfristig aufrechterhalten werden konnte (+ 22 %), ist beim Heizen nicht nur eine Abschwächung der kurzfristigen Wirkung, sondern ein Boomerang-Effekt zu beobachten (vgl. Abbildung 13).

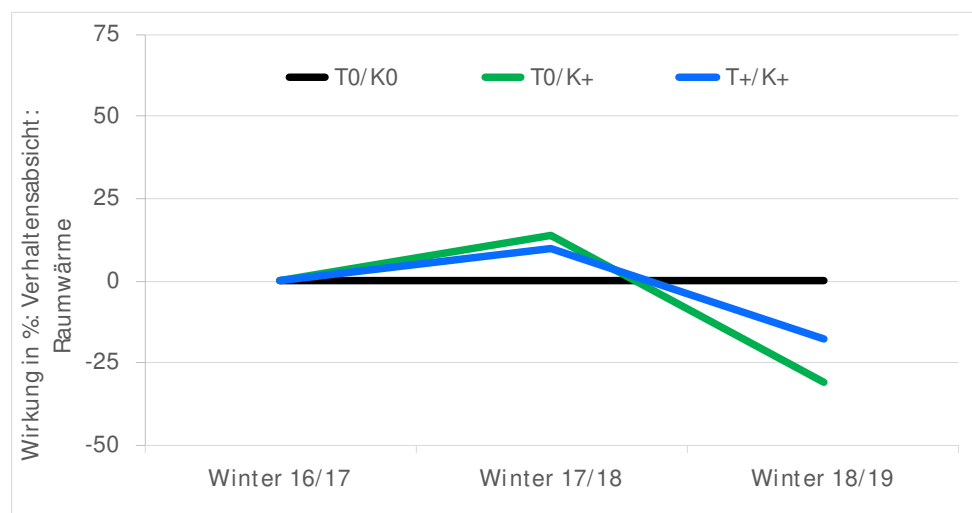


Abbildung 13: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf die Absicht, beim Heizen Energie zu sparen.

Für diesen Boomerang-Effekt stehen zwei Erklärungsansätze im Raum:

- Ab ca. Anfang 2019 wurden medial und gesellschaftlich die Klimadiskussionen (Klimastreiks, Friday for Future, Klimanotstand) geführt. Es ist möglich, dass diese in der Kontrollgruppe zu einer erhöhten Sensibilität und deshalb zu einer stärkeren Absicht geführt haben, sich im für das Klima sehr relevanten Bereich des Heizens energiesparend zu verhalten – während sich die Personen der Experimentalgruppen weniger angesprochen fühlten, weil sie schon seit zwei Jahren im Rahmen des Energieforschungsprojekts zu energiesparendem Verhalten verpflichtet hatten.
- Der zweite Erklärungsansatz basiert auf der Feststellung, dass das Heizungs-/Lüftungssystem (MINERGIE) für alle Personen neuartig, schwer verständlich und schwierig zu regulieren war (vgl. letzte Abschnitte). Möglicherweise liess sich die Personen der Experimentalgruppen, dadurch langfristig stärker frustrieren als Personen, welche keine Kommunikationsinstrumente erhielten.

Die Kommunikationsinstrumente wirkten auf die Absicht, sich beim Waschen und Trocknen energiesparend zu verhalten weder kurz- noch langfristig. Bezüglich der Nutzung von Warmwasser ist kurzfristig keine und langfristig eine mittlere negative Wirkung festzustellen.

Wirkung der technischen Instrumente

Die technischen Instrumente wirkten auf die Verhaltensabsicht praktisch nicht mehr. Dies lässt sich in Abbildung 13 daran erkennen, dass die bereinigten Wirkungen der zwei Gruppen (T0/K+ und T+/K0) kurzfristig fast deckungsgleich sind. Langfristig scheint der Boomerang-Effekt der Kommunikationsinstrumente durch die technischen Instrumente zwar abgeschwächt worden zu sein. Die Differenz zwischen T0/K+ und T+/K+ im Winter 18/19 (+ 13 %) ist aber nur äusserst knapp über der festgelegten Relevanzschwelle.

Bezüglich der Absicht, Strom bei der Gerätenutzung zu sparen, neutralisierten die technischen Instrumente gar die kurzfristig positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente und wirkten somit kontraproduktiv. Dies kann fast nur damit zusammenhängen, dass die zusätzliche Technik im Objekt in Wädenswil als zu kompliziert wahrgenommen wurde.

Gar keine Wirkung – weder durch die Kommunikations- noch die technischen Instrumente – sind beim Waschen/Trocknen festzustellen.

Fazit: Wirkungen auf Verhaltensabsichten

Über alles gesehen lässt sich festhalten, dass die positiven Wirkungen der Interventionsinstrumente auf die Absicht, sich energiesparend zu verhalten deutlich schwächer sind als dies noch auf der psychologischen Ebene des Wissens und der Haltungen der Fall war.

Die Kommunikationsmittel wirkten kurzfristig positiv auf die Absicht, beim Heizen und bei der Gerätenutzung Energie zu sparen. Langfristig können jedoch Fading-Out und Boomerang-Effekte auftreten.

Die technischen Instrumente lösten keine relevanten positiven Wirkungen aus.

5.6 Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten.

Übersicht

Das selbstberichtete Verhalten ist die vierte Stufe der Wirkungslogik. Es wurde mittels gesamthaft 18 einzelner Zielverhaltensweisen untersucht (vgl. Tabelle 11). Die Antworten beziehen sich analog zu den vorgängigen Kapiteln auf das der Befragung vorausgehende halbe Winterhalbjahr.

Die Verhaltensweisen wurden nur bei den Haupt-Mieterinnen und -Mieter - 1 Person pro Wohnung - erhoben, weil sie sich zumeist auf alle Personen im Haushalt bezogen. Weil dadurch die Anzahl Personen pro Gruppe sinkt und die Variabilität deshalb zunimmt, werden nur Wirkungen von mehr als $\pm 15\%$ als relevant beurteilt.

Tabelle 11: Erhobene Zielverhaltensweisen

Energieverwendungszweck	Bereich	Zielverhaltensweise
Wärme für Raumheizung	Zimmertemperatur	<ul style="list-style-type: none"> - Temp. Im Schlafzimmer - Temp. Im Wohnzimmer
	Lüften/ Abdunkeln	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Abwesenheit reduziert heizen - Richtig Lüften - Vorhänge/Rolläden tagsüber auf
Haushaltsstrom	Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl LED-Leuchten - Licht löschen
	Geräte	<ul style="list-style-type: none"> - Standby aus - Geräte aus - Luftbefeuchter aus - Elektroheizung aus
	Waschen/Trocknen	<ul style="list-style-type: none"> - Waschmaschine energieeff. Programm - Tumbler: energieeff. Programm - Lufttrocknen - unter 40 Grad waschen
Wärme für Warmwasser	Warmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Warmwasser abstellen - Kurz duschen - Keine Vollbäder

Tabelle 12 zeigt in der Übersicht die kurz- und langfristigen Wirkungen der Kommunikationsinstrumente allein (Gruppe T0/K+) und der Kombination von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten (Gruppe T+/K+) auf die Verhaltensabsichten. Wie in Kapitel 5.1.2 im Abschnitt «Auswertung der Wirkungen» beschrieben ist die Gruppe T+/K0 aufgrund zu kleiner Gruppengrösse nicht dargestellt. Die isolierte Wirkung der technischen Instrumente allein muss deshalb durch die Kombination der Wirkungen der beiden dargestellten Gruppen erschlossen werden.

Nachfolgend werden diese Ergebnisse beschrieben.

Tabelle 12: Kurz- und langfristige Wirkungen der Kommunikationsinstrumente und der technischen Instrumente auf selbstberichtete Verhaltensweisen in Prozent.

Legende:		Der Effekt ist ...			
		... negativ zw. 12.5 und 14.9%		... positiv zw. 12.5 und 14.9%	
		... negativ zw. 15% und 20%		... positiv zw. 15% und 20%	
		... negativ mehr als 20%		... positiv mehr als 20%	
		kurzfristig		langfristig	
		T0/K+	T+/K+	T0/K+	T+/K+
		%	%	%	%
Raumwärme	Temperatur Schlafzimmer	24.3	- 3.2	- 1.0	0.5
	Temperatur Wohnzimmer	- 6.3	- 7.3	- 28.0	- 9.5
	Reduziert heizen	26.0	11.3	- 13.7	- 29.7
	Korrektes Lüften	28.0	- 24.0	- 6.0	- 44
	Bei Sonne Storen offen	50.5	37.5	12.5	15.5
Strom	Anteil LED-Leuchten	23.3	- 4.0	15.0	- 9.7
	Licht löschen	- 4.3	1.3	- 7.7	- 15.3
	Geräte nicht im Stand-by	64.7	- 21.3	32.7	- 30.7
	Geräte aus, wenn Raum leer	2.3	- 2.3	- 4.0	- 1.3
	Luftbefeuchter aus	- 8.0	- 4.7	- 3.3	0.0
	Elektroheizung aus	7.3	11.7	- 3.7	1.3
	Energieeffizient Waschen	- 32.7	- 15.7	- 12.0	9.3
	Energieeffizient Trocknen	19.0	0.0	34.3	18
	Wäsche lufttrocknen	- 2.3	15.3	4.3	10.3
	Waschen unter 40 Grad	7.7	7.3	14.7	- 16.3
Warmwasser	Warmwasser abstellen	19.0	13.0	- 4.0	26.7
	Kurz duschen	- 16.3	- 21.7	- 2.7	-6.0
	Vollbäder pro Monat	14.0	- 16.7	1.7	- 22.7

Klare Wirkungsmuster über alle Zielverhaltensweisen

Über alles gesehen lässt sich feststellen, dass die noch zu beobachtenden positiven Wirkungen auf die Verhaltensabsicht, beim tatsächlichen selbstberichteten Verhalten kaum mehr zu beobachten sind.

Über alle 18 Zielverhaltensweisen können klare Wirkungsmuster erkannt werden, welche idealtypisch und stellvertretend am Beispiel der Einstellung der Schlafzimmertemperatur dargestellt werden können (Abbildung 14).

Abbildung 14 zeigt bei der Gruppe T0/K+ eine positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente von 25%. Das bedeutet, dass Personen der Gruppe T0/K+ ihre Schlafzimmertemperatur während der Hauptinterventionsphase um 25% tiefer eingestellt hatten als im Winter zuvor. 25% entspricht einer Temperaturreduktion um ein Grad Celsius.

Diese kurzfristige Wirkung der Kommunikationsinstrumente kann insbesondere bei anderen Zielverhaltensweisen des Verwendungszwecks «Raumwärme» ebenfalls beobachtet werden. Innerhalb des Energieverwendungszwecks Haushaltsstrom und Wärme für Warmwasser sind nur noch vereinzelt positive Wirkungen auf einzelne Zielverhaltensweisen zu finden.

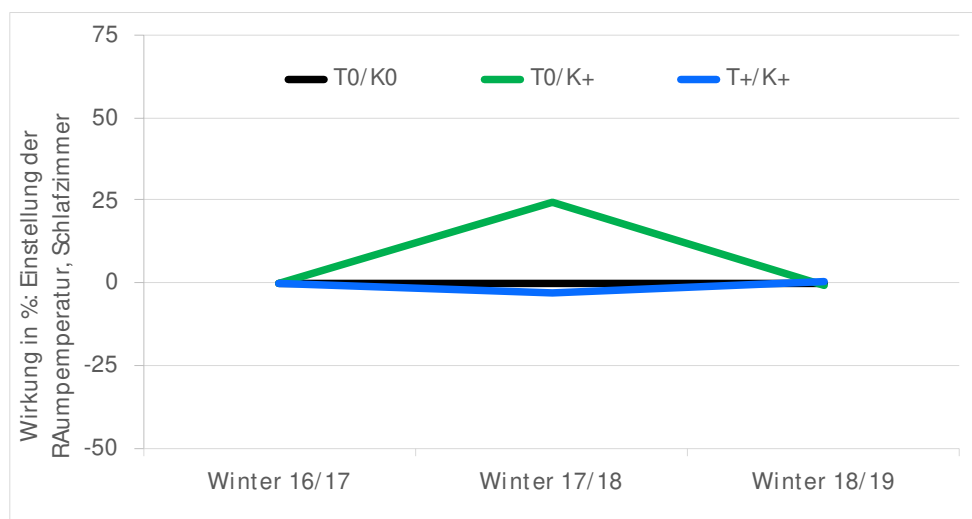


Abbildung 14: Bereinigte Wirkungen der Interventionsinstrumente auf die Einstellung der Raumtemperatur im Schlafzimmer.

Langfristig schwächt sich diese Wirkung so stark ab, dass wiederum ein Jahr später (Winter 18/19) keine Wirkung der Kommunikationsinstrumente mehr festgestellt werden kann. Auch dieses Ergebnis findet sich bei einigen anderen Zielverhaltensweisen wieder. Nur bei der Häufigkeit des Ausschaltens des Stand-by-Modus und des Einstellens des energieeffizientesten Programmes beim Tumbler konnte eine kurzfristig positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente längerfristig aufrecht gehalten werden.

Die kurzfristig positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente auf die Raumtemperatur im Schlafzimmer wurde durch die zusätzliche Technik neutralisiert (vgl. Abbildung 14). Das entspricht einer kontraproduktiven Wirkung der zusätzlichen Technik. Auch dieses Muster der kurzfristig kontraproduktiven Wirkung der zusätzlichen Technik auf das Verhalten findet sich mehrfach wieder. So beispielsweise beim richtigen Lüften, beim reduzierten Heizen bei Abwesenheit, bei der Anzahl LED-Leuchten oder beim Ausschalten des Stand-by-Modus.

Die Einstellung der Raumtemperatur im Schlafzimmer (Abbildung 14) konnte durch die zusätzliche Technik auch langfristig nicht positiv beeinflusst werden. Immerhin ist keine kontraproduktive Wirkung mehr zu beobachten. Über alle Zielverhaltensweisen betrachtet kann dieses Muster bestätigt werden. Langfristig können

zwar vereinzelt positive Wirkungen der zusätzlichen Technik beobachtet werden (Temperatur Wohnzimmer, Energieeffizienz Programm Waschmaschine und Abstellen Warmwasser). Generell bleibt aber eine positive Wirkung aus oder es war vereinzelt auch langfristig eine kontraproduktive Wirkung festzustellen.

Fazit: Wirkung auf das Verhalten

Über alle Energieverwendungszwecke betrachtet wirkten die Kommunikationsinstrumente kurzfristig positiv auf das Verhalten. Langfristig sind Fading-out Effekte festzustellen, so dass das Verhalten langfristig wieder auf das gleiche Niveau wie vor der Intervention zurückfällt.

Ebenfalls über alles gesehen wirkten die technischen Instrumente auf das Verhalten kurzfristig entweder gar nicht oder sie neutralisieren die positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente. Eine langfristige positive Wirkung der technischen Instrumente auf das Verhalten ist nicht festzustellen.

5.7 Zusätzliche Wirkungen

Unter den «zusätzlichen Wirkungen» werden im Folgenden der Hawthorne-Effekt, Effekte aufgrund sozialer Prozesse sowie der Spillover-Effekt, besprochen.

Hawthorne- Effekt

Als Hawthorne- oder Versuchsleitereffekt wird der Effekt bezeichnet, dass die blossе Tatsache, dass eine Untersuchung durchgeführt wurde, eine Wirkung auf das Untersuchungsobjekt (in diesem Fall energierelevante Einstellungen und Verhalten) hat.

Ein Hawthorne-Effekt kann anhand des Vergleichs von Versuchsgruppen und den Umfragedaten nicht festgestellt werden, weil alle Versuchsgruppen befragt wurden und ein Effekt durch die Befragung selbst deshalb in allen Gruppen gleichermaßen auftreten würden. Dem Hawthorne-Effekt wurde deshalb im Rahmen der Interviews nachgegangen.

Auf das Vorhandensein eines Hawthorne-Effekts weist beispielsweise die Anmerkung einer Mieterin hin, dass sie durch die Studie motiviert wurde, «die Dinge noch kritischer anzuschauen». Eine weitere Mieterin sagte: «Ich habe den Fragebogen gut gefunden in dem Sinne, dass man sich dann Gedanken macht über das Energiesparen.»

Die Motivation, an den Umfragen teilzunehmen, war jedoch auch stark durch andere Dinge motiviert als das Energiesparen; beispielsweise dadurch, dass man sich grössere Chancen auf den Erhalt des Mietvertrags ausrechnete oder aus Solidaritätsgründen («Ich sage immer, wenn man helfen kann, dann kann man helfen, darum habe ich mitgemacht an der Studie.»).

Einzelne Aussagen in den Interviews weisen somit darauf hin, dass die Teilnahme am Forschungsprojekt im Allgemeinen und an der Umfrage im Speziellen einen gewissen Einfluss auf das energierelevante Denken und Verhalten der Personen gehabt haben könnte.

Effekte aufgrund sozialer Prozesse

Unter sozialen Wirkungen wird die Möglichkeit verstanden, dass soziale Prozesse unter den Bewohnenden zu positiven oder negativen Verstärkungseffekten geführt haben können.

In der ersten und in der zweiten Erhebungswelle wurden die Bewohnenden gefragt, wie häufig im letzten halben Jahr Energie und Energiesparen Thema in Gesprächen mit Nachbarn waren. Bei der ersten Erhebungswelle bezogen sich die Antworten somit auf die alte Wohnung.

Knapp die Hälfte aller Personen gaben an, dass Energie und Energiesparen weder in der alten noch in der neuen Wohnung je thematisiert wurden. Ein weiteres Viertel gab an, dass dies jeweils selten der Fall war. Unter dem restlichen Viertel kann festgestellt werden, dass die Häufigkeit des Themas Energie bei Gesprächen unter Nachbarn von der alten zur neuen Wohnung eher abgenommen hat.

Aus den Interviews gehen weitere Hintergründe hervor.

- Erstens wird unter den Nachbarn in der neuen Wohnumgebung generell wenig gesprochen. Dies könnte auch dadurch bedingt sein, dass der Umzug weniger als ein Jahr zurückliegt und sich die Personen deshalb noch nicht genügend gut kennen.
- Zweitens wird mehrfach erwähnt, dass zwar energierelevante Themen diskutiert werden, aber nicht in Bezug auf das Energiesparen, sondern in Bezug auf die Technik, welche nicht verstanden wird oder nicht zufriedenstellend funktionierte.
- Drittens kam von zwei Personen der Hinweis, dass man nicht wisse, wer am Forschungsprojekt teilnimmt und wer nicht.

Alles in allem kann daraus geschlossen werden, dass die Wirkungen der einzelnen Gruppen nicht durch den Austausch zwischen den Gruppen beeinflusst wurde – weder in positiver noch in negativer Hinsicht.

Spillover-Effekt

Von einem Spillover-Effekt wird in diesem Projekt gesprochen, wenn sich Wirkungen auf das Energiesparverhalten im Haushalt auch auf das energierelevante Verhalten in anderen Kontexten übertragen.

In den Interviews sind Hinweise dafür zu finden, dass bei einzelnen Personen gewisse Spillover-Effekte aufgetreten sind. Beispielsweise gab ein Mieter an, durch die Studienteilnahme bezüglich des Themas Energiesparen begonnen zu haben, «gesamtheitlicher zu denken». Jemand anders gab an «sensibler geworden» zu sein. Eine weitere Mieterin wurde durch die Studie angeregt, im Büro anstelle Wegwerfbechern richtige Tassen zu verwenden, wobei diese Verhaltensänderung noch nicht in die Tat umgesetzt sei.

Zu diesem Thema wurde jedoch auch konstatiert, dass zwar Verhaltensänderungen im Zusammenhang mit dem Umzug stattgefunden haben, diese jedoch eher im Kontext der geänderten Rahmenbedingungen zu sehen sind. Beispielsweise fährt eine Person viel weniger Auto als vor dem Umzug, weil sie nun in der Stadt statt wie vorher auf dem Land wohnt.

Alles in allem kann davon ausgegangen werden, dass die Studienteilnahme die Mieterinnen und Mieter teilweise stärker sensibilisiert hat. Konkrete Verhaltensänderungen in anderen Kontexten als dem Haushalt rein aufgrund der Studienteilnahmen konnten die Mieterinnen und Mieter jedoch kaum nennen.

6 Auswertung des Energie- und Wasserverbrauchs

Im folgenden Kapitel 6.1 werden die Grundlagen der Verbrauchsmessung und der Auswertung erläutert. Im Kapitel 6.3 wird die für den Vergleich des Verbrauchs von Wohnungen mit unterschiedlicher Grösse und unterschiedlicher Personenbelegung Normierung der Verbrauchswerte eingeführt. Im Kapitel 6.4 werden die Resultate der normierten Verbrauchswerte vorgestellt und die Wirkung des Verhaltens der Benutzenden auf den gemessenen Energieverbrauch diskutiert.

6.1 Grundlagen der Verbrauchsmessung und Auswertung

6.1.1 Messkonzept

Die Auswertungen in Kapitel 5 sind auf die persönliche Einstellung und das Verhalten der Personen bezogen. Im Unterschied dazu sind die Auswertungen in diesem Kapitel auf die Verbrauchswerte der Wohnungen bezogen.

Für die total 92 Wohnungen in den zwei Objekten in Wädenswil und in Zürich werden mit einheitlichen Systemgrenzen pro Wohnung je vier Verbrauchswerte (Messgrössen) gemessen:

- Wärme für Raumheizung in Kilowattstunden (kWh)
- Elektrizität, Gesamter Stromverbrauch der Wohnung in Kilowattstunden inkl. Lüftung und Waschen/Trocknen (kWh)
- Warmwasserbezug in Liter (l)
- Kaltwasserbezug in Liter (l)

Die Messwerte wurden für jede Wohnung und jede Messgrösse einheitlich als Verbrauchswert pro Monat für die Auswertung aufbereitet.

6.1.2 Festlegung der Auswertungsperioden

Für die Auswertung der Verbrauchswerte wurden drei Perioden mit je 6 Monaten Dauer festgelegt, welche auf die Interventionsphase und die Befragungstermine abgestimmt sind.

Tabelle 13: Definition der Auswertungsperioden der Verbrauchsmessung

	Wi17/18	So18	Wi18/19
Periodendauer	1.11.2017 bis 30.4.2018	1.5.2018 bis 31.10.2018	1.11.2018 bis 30.4.2019
Bezeichnung	Winter 17/18 6 Monate	Sommer 18 6 Monate	Winter 18/19 6 Monate

Somit sind zwei Winterhalbjahre und das dazwischenliegende Sommerhalbjahr gemessen. In der Sommerperiode wurden keine Verbrauchswerte der Wärme für Raumheizung ausgewertet, da Mai und Oktober in der Übergangsphase liegen und die Verbräuche in diesen Monaten nicht repräsentativ sind und mengenmässig vernachlässigt werden können.

Die erste Messperiode von November 2017 bis April 2018 ist die Hauptinterventionsphase bei der Anwendung des BAM-Systems. Die zwei folgenden Messperioden dienen der Kontrollmessung.

6.2 Resultate der spezifischen Verbrauchswerte

Für den Vergleich mit Messwerten aus anderen Untersuchungen werden hier zunächst die Ergebnisse als spezifische Verbrauchswerte für die Messgrössen Raumheizung, Elektrizität, Warm- und Kaltwasser in der Einheit Kilowattstunden pro Quadratmeter kWh/m² bzw. Liter pro Person L/P für Warm- und Kaltwasser angegeben und kommentiert. Die spezifischen Verbrauchswerte wurden für die drei Messperioden einzeln ausgewertet.

Tabelle 14: Raumheizung Qh in kWh/ m2 nach Periode

Qh	Wi17/18	So18	Wi18/19
T0/K0	21.7		20.2
T0/K+	22.1		26.0
T+/K+	30.8		30.4

Die Werte für die Raumheizung in kWh/m² sind für die zwei Objekte deutlich unterschiedlich, was vor allem auf den unterschiedlichen Dämmstandard der zwei Gebäude zurückzuführen ist. Beide Gebäude sind nach MINERGIE-Standard zertifiziert. Die Wärmeversorgung für Raumheizung und Warmwasser des Gebäudes in Zürich, Gruppen T0/K0 und T0/K+, besteht aus einer Erdgasfeuerung. Das Gebäude in Wädenswil wird dagegen mit Erdsonden-Wärmepumpen versorgt. Nach der Methodik von MINERGIE ist der Gewichtungsfaktor in Bezug auf den Wärmebedarf auf Stufe Nutzenergie in Wädenswil rund 0.6, in Zürich mit der Gasheizung dagegen rund 1.2 (inkl. Jahresnutzungsgrad Heizkessel). Aufgrund dieser Gewichtung muss das Gebäude in Zürich zur Einhaltung der Minergie-Kennzahl bedeutend tiefere Verbrauchswerte einhalten als das Gebäude in Wädenswil. Der festgestellte Unterschied beim Verbrauch für Raumheizung zwischen den zwei Gebäuden ist damit plausibel.

Tabelle 15: Elektrizität, Gesamtverbrauch Wohnung in kWh/ m²

E_{EL}	Wi17/18	So18	Wi18/19
T0/K0	10.2	9.0	10.7
T0/K+	8.8	6.9	7.4
T+/K+	11.0	11.6	10.7

Der Verbrauchswert E_{EL} in kWh/m² umfasst den Stromverbrauch der gesamten Wohnung für Licht, Geräte sowie Kochen und Waschen inkl. die Komfortlüftung der Wohnung. Die Werte gelten jeweils für die Verbrauchsperiode von 6 Monaten. Als Summe von je einer Winter- und der Sommerperiode resultiert im Durchschnitt ein spezifischer Stromverbrauch von rund 20 kWh/m². Der Wert ist inklusive Lüftungsanlage, da alle Lüftungsanlagen der Wohnungen auf den jeweiligen Wohnungszähler angeschlossen sind. Die gemessenen Verbrauchswerte liegen im Bereich der Richtwerte für effizienten Stromverbrauch in Haushalten. Zu beachten ist, dass der Stromverbrauch der Wohnungslüftung sowie für Waschen und Trocknen in den Verbrauchswerten enthalten ist.

Tabelle 16: Warmwasser Spezifische Verbrauchswerte Liter/ P,d

V_{WW}	Wi17/18	So18	Wi18/19
T0/K0	58.0	45.3	52.3
T0/K+	46.1	38.8	40.4
T+/K+	44.2	36.2	41.6

Die gezapfte Warmwassermenge liegt bei allen Gruppen über dem Richtwert von durchschnittlich 35 Liter pro Person und Tag. Bei allen Gruppen ist deutlich zu erkennen, dass in der Sommerperiode bedeutend weniger Warmwasser konsumiert wird, als in den Winterperioden.

Tabelle 17: Kaltwasser Spezifische Verbrauchswerte in Liter/ P,d

	Wi17/18	So18	Wi18/19
T0/K0	70.3	69.9	69.3
T0/K+	68.9	66.3	63.8
T+/K+	85.0	87.7	91.2

Die Gruppe T+/K+ weist im Vergleich zu den anderen Versuchsgruppen deutlich höhere Werte auf. Dies wird primär auf die grösseren privaten Aussenbereiche, Terrassen und Aussensitzplätze mit Bewässerungsmöglichkeit, im Objekt in Wädenswil zurückgeführt.

6.3 Referenzwerte für den Energieverbrauch

Der Energie und Wasserverbrauch einer Wohnung ist von verschiedenen Grössen abhängig, welche in folgende fünf Gruppen geordnet werden können:

- a) Energetischer Standard des Gebäudes und der Gebäudetechnik
- b) Wohnungsgrösse und Lage der Wohnung im Gebäude
- c) Aussentemperatur und solare Einstrahlung
- d) Personenbelegung der Wohnung (Personenfläche)
- e) Verhalten der Bewohnenden in Bezug auf Energie- und Wassereffizienz.

Mit dem Forschungsprojekt BAM soll vor allem der letzte Punkt, das Verhalten der Bewohnenden in Bezug auf Energie- und Wassereffizienz, untersucht werden. Auf dieses Ziel bezogen, sind die ersten vier Punkte Störgrossen, welche in der Auswertung der Verbrauchswerte berücksichtigt werden müssen.

Methodik der Verbrauchswert-Normierung

Um den Einfluss der oben bezeichneten Störgrossen auf die Ergebnisse der Verbrauchsauswertung zu eliminieren, werden die gemessenen Verbrauchswerte für jede der vier Messgrössen in Bezug auf individuell pro Wohnung festgelegte Referenzwerte normiert. Die Verbrauchswert-Normierung wird wie folgt durchgeführt.

- Mit den bekannten Werten der Störgrossen wird, basierend auf den Resultaten bestehender empirischer Untersuchungen, für jede Wohnung und Messgrösse ein Referenzwert festgelegt. Der individuelle Referenzwert entspricht dem durchschnittlich zu erwartenden Verbrauchswert der jeweiligen Wohnung für die jeweilige Messgrösse, basierend auf den Parameter-Werten der Störgrossen.
- Die Referenzwerte sind in dieser Studie generell als durchschnittlicher Verbrauch einer Wohnung pro Tag definiert. Die gemessenen Verbrauchswerte sind für den Vergleich dementsprechend in Tageswerte der Messperiode umzurechnen. Ebenso können die Referenzwerte in Monatswerte oder spezifische Kennwerte bezogen auf die Energiebezugsfläche umgerechnet werden.
- Der normierte Verbrauchswert pro Wohnungen und Messgrösse wird als Quotient aus dem gemessenen Verbrauchswert und dem zugehörigen Referenzwert bestimmt. Der normierte Verbrauchswert ist somit eine dimensionslose, stets positive Zahl. Wenn der gemessene Verbrauchswert gleich dem Referenzwert ist, hat der normierte Verbrauchswert den Wert 1. Ein höherer Verbrauch führt zu einem normierten Verbrauchswert grösser als 1, ein tieferer Verbrauch wird dementsprechend mit Werten kleiner als 1 ausgedrückt.

Die Festlegung der Referenzwerte pro Messgrösse und Wohnung erfolgt nach einheitlich angewendeten Regeln für alle Wohnungen eines Gebäudes. Diese Regeln sind in den folgenden Abschnitten erläutert.

Referenzwerte Wärmebedarf für Raumheizung

Als Basis wurde der mit der Messung festgestellte Heizwärmebedarf in kWh/m² von allen Wohnungen des einzelnen Gebäudes verwendet. Der Referenzwert der einzelnen Wohnung wird basierend auf dem Basiswert des Gebäudes unter Berücksichtigung der Lage der Wohnung im Gebäude festgelegt.

Es werden die folgenden Parameter-Werte verwendet:

Tabelle 18: Basis Heizwärmebedarf (gemessene Werte Wi17/ 18 und Wi18/ 19, auf 1 Kalenderjahr umgerechnet)

Objekt in Zürich	22	kWh/m ² , a
Objekt in Wädenswil	30	kWh/m ² , a

Tabelle 19: Lagefaktoren

Kürzel	Beschrieb	Objekt in Zürich	Objekt in Wädenswil
EG	Unterste Wohnung über unbeheizt	1.05	1.05
DG	Oberste Wohnung unter Dach	1.20	1.20
MI	Mittellage horizontal und vertikal	0.95	0.90
EK	Ecklage	1.10	1.15

Der Lagefaktor definiert die Anpassung des für das ganze Gebäude geltenden durchschnittlichen Basis-Heizwärmebedarfs auf die einzelne Wohnung. Wohnungen, welche nach oben, unten und seitlich von anderen Wohnungen umgeben sind, haben gegenüber Wohnungen an Randlagen erfahrungsgemäss einen relevant tieferen Wärmebedarf. Für die Lagekorrektur des Wärmebedarfs wurden die oben eingesetzten Schätzwerte eingesetzt. Je nach Lage der Wohnung werden die Lagefaktoren kumulativ als Produkt angewendet.

Für die monatliche Auswertung der Messgrösse Wärme für Raumheizung werden die Referenzwerte der einzelnen Wohnungen zusätzlich nach Methode der akkumulierten Temperaturdifferenz ATD korrigiert.

Mit dieser Klimakorrektur wird der Einfluss der pro Periode unterschiedlichen Ausstemperatur auf den Heizwärmebedarf kompensiert.

Referenzwerte Elektrizität, Stromverbrauch

Der Referenzwert für den Stromverbrauch wird gemäss der personenbezogenen Methode nach SIA 2056 bestimmt. Die von SIA 2056 verwendeten Parameterwerte basieren auf empirischen Untersuchungen des Stromverbrauchs in Haushalten. Die Formel liefert den durchschnittlich zu erwartenden Jahresverbrauch für Elektrizität wie folgt:

$$\text{Jahresverbrauch Wohnung } E_{\text{el whg}} (\text{kWh p.a.}): = f_{\text{eff}} * ((1350 + 650 * P) + (E_v * EBF_{\text{whg}}))$$

mit f_{eff} : Effizienzfaktor = 0.7 für Neubauten

P: Personenzahl der Wohnung

E_v : Verbrauchskennwert für Lüftung. 3.3 kWh/m² für Objekt in Wädenswil, 2.0 kWh/m² für Objekt in Zürich.

EBF_{whg} : Energiebezugsfläche der Wohnung

Der Effizienzfaktor ist das Mass für die Energieeffizienz der in den Wohnungen enthaltenen elektrischen Geräte. Da die Küchengeräte, Waschmaschinen und Trockner in beiden Objekten neu installiert wurden und in Bezug auf die Energieeffizienz gleichwertig sind, kann für beide Objekte der Faktor 0.7 für effiziente Neubauten verwendet werden.

Der nach Objekt unterschiedliche Verbrauchskennwert für die mechanische Raumlüftung ist aus den Projektunterlagen der Objekte entnommen.

Der nach SIA2056 bestimmte Jahresverbrauch wird zur Verwendung als Referenzwert als Verbrauchswert pro Tag umgerechnet.

Referenzwerte Warmwasser

Der Referenzwert pro Wohnung wird personenbezogen mit dem Standard-Verbrauchswert für Wohnen in Mehrfamilienhäusern nach SIA 385/2 von 35 Liter Warmwasser pro Person und Tag bestimmt.

$$\text{Tagesverbrauch Warmwasser (l/d)} := 35 \text{ l} * P$$

mit P: Personenzahl der Wohnung

Referenzwerte Kaltwasser

Der Referenzwert für Kaltwasser wird anhand von empirischen Untersuchungen über den Trinkwasserverbrauch von Wohnungen und den effektiven Messwerten der beiden Objekte nach dem folgenden Zusammenhang bestimmt:

$$\text{Tagesverbrauch Kaltwasser (l/d)} := 10 \text{ l} / \text{Whg.} + 100 \text{ l} * P - \text{Warmwasserverbrauch.}$$

mit P: Personenzahl der Wohnung

Warmwasserverbrauch gemäss Referenzwert Warmwasser

Als Basis für den Kaltwasserverbrauch dient somit der gesamte Trinkwasserverbrauch einer Wohnung abzüglich des oben definierten Warmwasserverbrauches.

Relevanz der effektiven Personenzahl

Die Personenzahl ist mit Ausnahme bei der Raumheizung ein wesentlicher Parameter für die Bestimmung der Referenzwerte und damit ebenso eine wesentliche Einflussgrösse auf den effektiven Verbrauch. Die anderen für die Normierung verwendeten Parameter wie der Gebäudestandard, die Gebäudetechnik, Wohnungsgrösse und Lage sind entweder statisch oder unabhängig von der effektiven Nutzung der Wohnung wie z.B. die Aussentemperatur. Die effektive Personenzahl ist der einzige Parameter, dessen Wert sich individuell pro Wohnung und dynamisch ändern kann. Der Einfluss der Personenzahl auf die Referenzwerte ist in der folgenden Abbildung gezeigt.

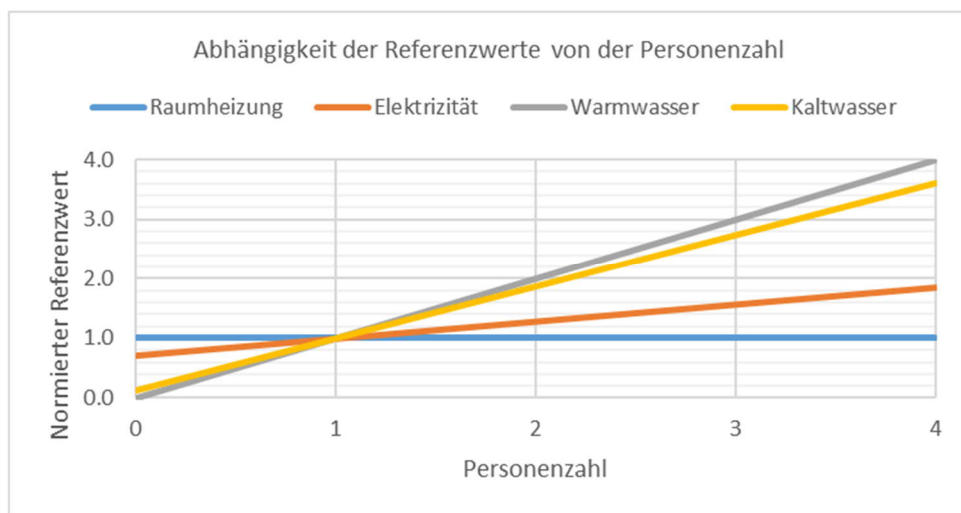


Abbildung 15: Abhängigkeit der Referenzwerte von der Personenzahl

Abweichungen der effektiven Personenzahl zu der mitgeteilten Personenzahl können für Warmwasser und Kaltwasser proportional zur Abweichung und für Elektrizität in gedämpfter Mass das Ergebnis der normierten Verbrauchswerte erheblich beeinflussen. Nur die Referenzwerte für Raumheizung sind mit den angewendeten Grundlagen unabhängig von der Personenzahl.

Zur Veranschaulichung soll ein fiktives Beispiel dienen, bei dem die mitgeteilte Personenzahl gleich 1 ist, die Wohnung jedoch effektiv von zwei Personen genutzt wird. Die Referenzwerte hätten so den Wert 1.0, die erwarteten Verbrauchswerte für Warm- und Kaltwasser wären jedoch bei 2.0, der erwartete Verbrauchswert für Elektrizität bei ca. 1.3. Die normierten Verbrauchswerte für diese Wohnung würden, mit Ausnahme Raumheizung, deutlich über 1.0 liegen und würden fälschlicherweise als hohe Verbrauchswerte interpretiert, obwohl in Bezug auf die effektive Personenzahl die Verbrauchswerte normal oder sogar tief sein könnten.

Für das Forschungsprojekt wurde die Anzahl Personen pro Wohnung zunächst im Rahmen der Vermietungsgespräche erhoben und durch die Bewirtschafter dem Forschungsteam mitgeteilt. Aufgrund der hohen Bedeutung der Personenfläche für die Normierung der Verbrauchswerte und der Feststellung von Inkonsistenzen

bei der Auswertung der ersten Verbrauchsperiode wurde die effektiv während der Messperiode wirksame Personenzahl in der letzten Befragung im Mai 2019 für alle drei Messperioden noch einmal explizit erfragt. Die Personenflächen der Versuchsgruppen wurden aufgrund dieser Erhebung bestimmt. Da diese effektiven Personenflächen nur für die Wohnungen bekannt sind, deren Bewohner auf die Befragung geantwortet haben, reduziert der Rücklauf dieser Befragung die Gruppengrößen der Versuchsgruppen. Die Verbrauchswerte der Wohnungen, deren effektive Belegung nicht explizit durch die Bewohnenden deklariert wurde, konnten somit für die normierte Verbrauchsauswertung nicht weiterverwendet werden.

6.4 Diskussion der normierten Verbrauchswerte

Die Messperioden der normierten Auswertung umfasst je 6 Monate, wie sie im Kapitel 6.1.2 erläutert sind. Zur einfacheren Übersicht werden die Resultate hier grafisch in Abbildung 16 bis Abbildung 19 gezeigt.

Die Experimentalgruppe T+/K0 umfasste nach Befragung der Personenbelegung nur noch drei Wohnungen. Die Messwerte dieser Gruppe sind daher analog zu den Ergebnissen der Befragungen nicht als Versuchsgruppe dargestellt.

Bei der Auswertung der Befragungen bildet die Gruppe T0/K0 die Kontrollgruppe. Für die Darstellung der normierten Verbrauchswerte werden die Kontrollgruppe T0/K0 und die zwei Experimentalgruppen T0/K+ und T+/K+ nebeneinander dargestellt. Die Interpretation der Verbrauchswerte der Experimentalgruppen erfolgt jeweils in Bezug auf das Resultat der Kontrollgruppe.

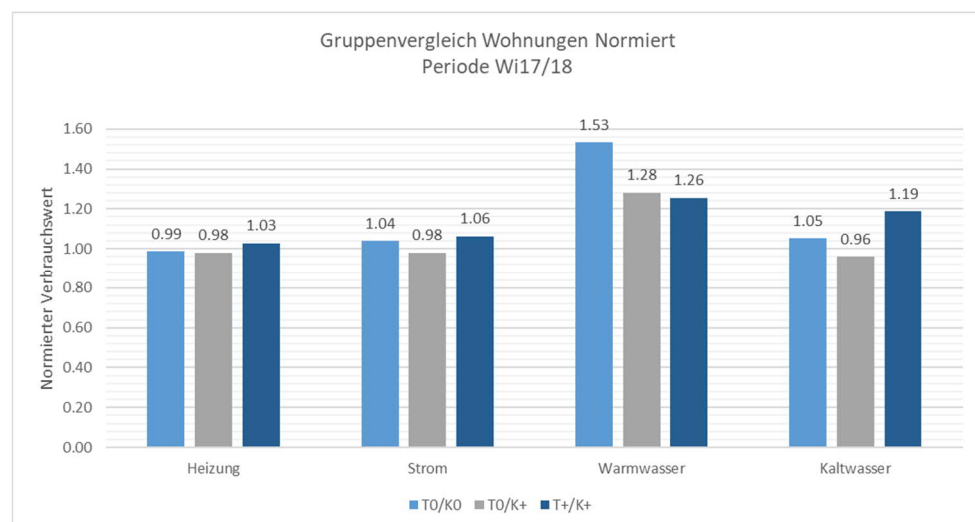


Abbildung 16: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe. Winter 17/ 18

In der ersten Messperiode Wi17/18, Abbildung 16, sind die normierten Werte für Heizung und Strom bei allen Versuchsgruppen nahe beim Referenzwert 1.0. Bei allen drei Gruppen liegen die Werte für Warmwasser dagegen deutlich über dem

Referenzwert. Die Gruppe T0/K0 liegt hier um mehr als 20% über den Werten der Experimentalgruppen. Beim Kaltwasserverbrauch liegt dagegen die Gruppe T+/K+ um rund 20% über dem Referenzwert.

Die Messperiode Wi17/18 entspricht der Hauptinterventionsphase mit der Anwendung des BAM-Systems. Aus den Resultaten der Vorstudie wurde erwartet, dass in dieser Phase bis zu 15% reduzierte Verbrauchswerte der Experimentalgruppen, T0/K+ und T+/K+, gegenüber der Kontrollgruppe T0/K0 beobachtet werden können. Bei der Wärme für Raumheizung, dem Elektrizitätsverbrauch und bei Kaltwasser konnte wie oben gezeigt jedoch keine solche Reduktion festgestellt werden. Nur beim Warmwasserverbrauch lagen die Werte der Experimentalgruppen in der ersten Messperiode um rund 20% unter dem Wert der Kontrollgruppe.

Um dieses Resultat zu verifizieren, wurden die Verbrauchswerte der Wohnungen zusätzlich mit der Personenzahl pro Wohnung gewichtet. Ohne diese Gewichtung erhalten Wohnung mit nur einer Person – Einpersonenhaushalte – ein zu hohes Gewicht im Vergleich. So würde das individuelle Verhalten einer Person in einem 1-Personenhaushalt das 4-fache gegenüber einer Person in einem 4-Personen-Haushalt zählen.

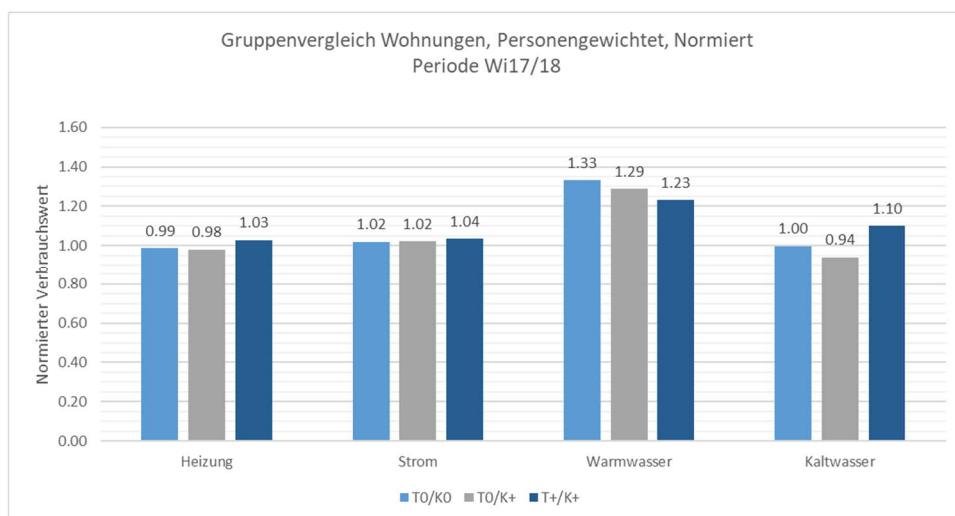


Abbildung 17: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe personengewichtet. Winter 17/ 18

Der Vergleich der mit der Personenbelegung gewichteten Gruppenwerte zeigt gegenüber dem ungewichteten Vergleich den gleichen Sachverhalt. Die grosse Abweichung der Gruppe T0/K0 beim Warmwasser ist jedoch verschwunden. Daraus folgt, dass die bei der ungewichteten Darstellung festgestellte Abweichung bei Warmwasser wohl nicht primär auf den Erfolg der Interventionen, sondern vor allem auf einen Ausreisser eines 1-Personenhaushalts zurückzuführen ist.

Die erwartete relevante Reduktion durch das BAM-System in der Hauptinterventionsphase konnte mit der Auswertung der Verbrauchsmessungen nicht bestätigt werden.

Für die Darstellung der weiteren Ergebnisse wird nur noch die personengewichtete normierte Darstellung verwendet.

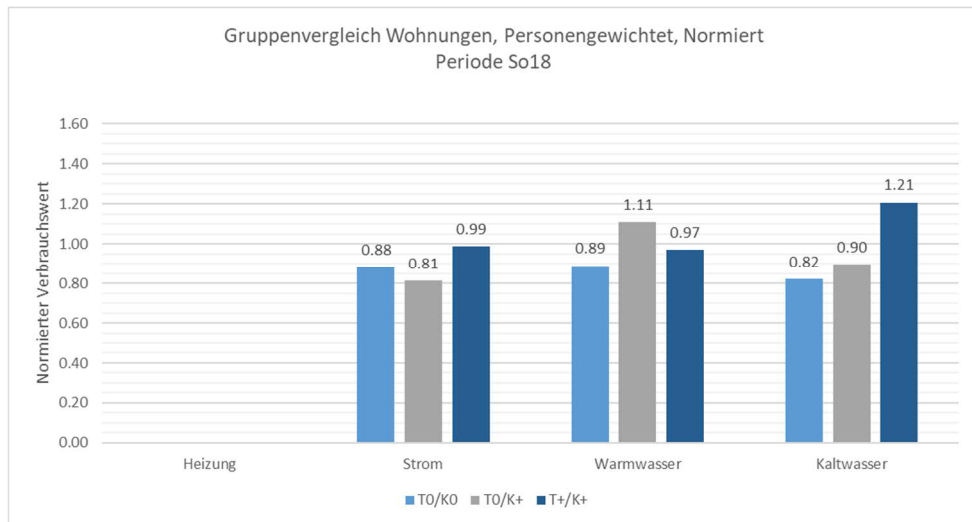


Abbildung 18: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe personengewichtet. Sommer18

In der zweiten Messperiode So18, Abbildung 18, dem Sommer-Halbjahr, wurden für Heizung keine Werte ausgewertet. Die normierten Verbrauchswerte liegen zum Teil deutlich unter den Werten der vorangegangenen Periode. Auffallend ist der im Vergleich hohe Wert der Gruppe T0/K+ beim Warmwasser und der hohe Wert der Gruppe T+/K+ beim Kaltwasser.

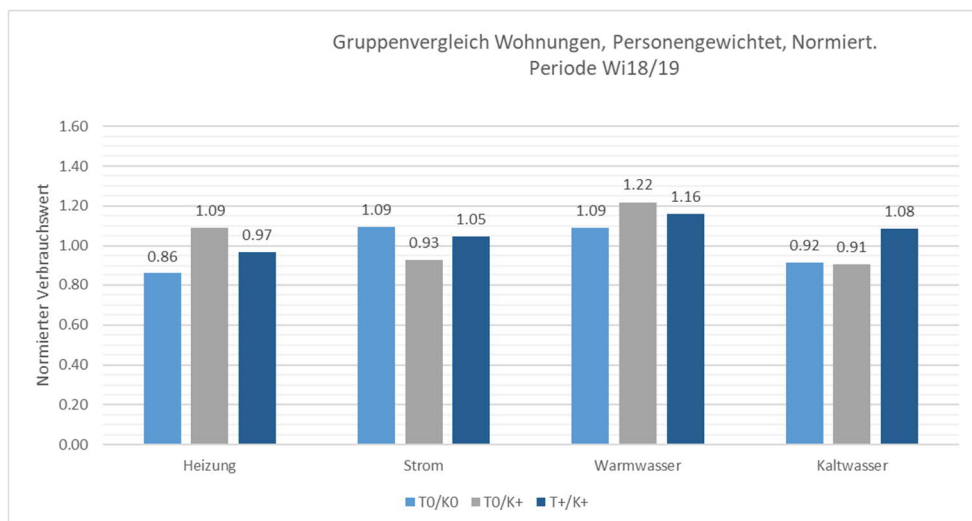


Abbildung 19: Normierte Verbrauchswerte nach Gruppe personengewichtet. Winter18/ 19

In Abbildung 19 ist das Resultat der dritten Messperiode Wi18/19, das zweite Winterhalbjahr, dargestellt. Bei Heizung liegen die Werte der Kontrollgruppe unter den Werten der Experimentalgruppen. Dagegen hat die Kontrollgruppe bei Strom nun etwas höhere Werte. Bei Warmwasser ist das Resultat vergleichbar mit der ersten Periode, wobei der Verbrauch Warmwasser der Kontrollgruppe deutlich gesunken

ist und auch der Warmwasserverbrauch der Experimentalgruppen gegenüber der ersten Messperiode geringer ist.

Der Werte des Kaltwasserverbrauchs zeigen vergleichbare Werte der beiden Gruppen T0/K0 und T0/K+ im Objekt in Zürich und klar höher der Wert der Gruppe T+/K+. im Objekt in Wädenswil. Dieser Unterschied beim Kaltwasserverbrauch ist auf den im Objekt in Wädenswil offenbar grösseren Kaltwasserbedarf für die Pflanzenbewässerung auf den Terrassen und Aussensitzplätzen zurückzuführen. Der markante Unterschied beim Kaltwasserverbrauch in der Sommerperiode So18 stützt diese Erklärung. Die festgestellten Unterschiede im Kaltwasserverbrauch sind somit primär durch die unterschiedlichen Angebote im Aussenraum der zwei Gebäude zu erklären.

Diskussion der Ergebnisse der Verbrauchsmessungen

Bei den Messwerten wurde auch nach der Normierung generell eine hohe Streuung der Verbrauchswerte in jeder Versuchsgruppe und für jeden Verwendungszweck festgestellt. Der Streubereich ist vom halben bis zum doppelten Referenzwert (50% bis 200%) sehr hoch. Bei Elektrizität, Warm- und Kaltwasser weisen einzelne Wohnungen Verbrauchswerte bis zum 4-fachen des Referenzwertes auf.

Die hohe Streuung der Verbrauchswerte erfordert eine entsprechende Aggregation für die Auswertung. Die Auswertung der Verbrauchsmessungen erfolgte wie bereits erläutert über drei Messperioden von je 6 Monaten. Vorübergehende Wirkungen des BAM-Systems auf den Energieverbrauch, welche nur wenige Tage oder Wochen anhalten, können mit dieser aggregierten Auswertung nicht festgestellt werden.

Die Auswertung der Verbrauchsmessungen wird wie folgt zusammengefasst:

- Die erste Messperiode von November 2017 bis April 2018 ist identisch mit der Hauptinterventionsphase. Aus den Resultaten der Vorstudie wurde erwartet, dass in dieser Phase bis zu 15% reduzierte Verbrauchswerte der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe beobachtet werden können. Bei der Wärme für Raumheizung, dem Elektrizitätsverbrauch und bei Kaltwasser konnte jedoch keine solche Reduktion festgestellt werden. Nur beim Warmwasserverbrauch lagen die Werte der Kontrollgruppe in der ersten Messperiode um rund 20% über den Werten der Experimentalgruppen. Die nach Personenbelegung gewichtete Auswertung zeigt diese Abweichung viel weniger stark. Wenn ein relevanter Effekt der Interventionen auf die Experimentalgruppen bei Warmwasser vorhanden gewesen wäre, dann hätte der Verbrauch der Experimentalgruppen von der ersten bis zur dritten Periode wieder auf das Niveau der Kontrollgruppen ansteigen müssen. Die Messungen des Warmwasserverbrauchs in der dritten Periode zeigen jedoch, dass sich die Werte der Experimentalgruppen sogar noch gering reduziert haben, aber insbesondere, dass die Werte der Kontrollgruppe auf das Niveau der Experimentalgruppen abgesunken sind. Eine relevante Wirkung der Interventionen auf den Energieverbrauch in der ersten Messperiode konnte damit für keinen der vier Verwendungszwecke nachgewiesen werden.

- In der zweiten Messperiode von Mai 2018 bis Oktober 2018, die Sommerperiode, wurde der Verbrauch für Raumheizung nicht ausgewertet, da diese Verbrauchswerte in den Übergangsmonaten Mai sowie September, Oktober nicht relevant sind. Die Verbrauchswerte für Elektrizität und Warmwasser von allen Versuchsgruppen lagen um teilweise bis zu 20% unter den Werten der ersten Messperiode. Diese Verbrauchsänderungen sind durch die warmen Sommertage und die längere Tageshelligkeit einfach begründet. Als Ausnahme zu den generell tieferen Verbrauchswerten in der Sommerperiode wurde im Gebäude Wädenswil bei Kaltwasser ein deutlicher Verbrauchsanstieg festgestellt. Dieser Anstieg kann mit dem höheren Bedarf für Pflanzenbewässerung aufgrund des grosszügigeren Aussenraums der Wohnungen in Wädenswil gegenüber Zürich plausibel begründet werden.
- In der dritten Messperiode von November 2018 bis April 2019 lagen die Verbrauchswerte der Kontrollgruppe für Raumheizung um rund 15% unter den Werten der Experimentalgruppen. Der Stromverbrauch der Kontrollgruppe ist jedoch gegenüber der ersten Messperiode um rund 10% angestiegen. Dagegen weist die Experimentalgruppe T0/K+ gegenüber der ersten Periode einen um rund 10% tieferen Stromverbrauch auf. Der Warmwasserverbrauch liegt bei allen Versuchsgruppen unter den Werten der ersten Messperiode.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Versuchsgruppen mit 7 bis 13 Wohnungen sehr klein sind und die Streuung der Verbrauchswerte innerhalb der Gruppen gross ist. Die Auswertung der Verbrauchsmessungen wurde daher mit umfangreichen Detailarbeiten wie beispielsweise Normierung, Referenzierung und der Erhebung der tatsächlichen Wohnungsbelegung pro Periode ausgeführt. Die in der dritten Messperiode festgestellten Änderungen der Verbrauchswerte können nicht mit einem Späteffekt im Sinne von schwindenden oder sich verstärkenden Wirkungen aus der Interventionsphase erklärt werden. Sie liegen innerhalb des Unsicherheitsbereichs der Auswertung und sind damit als nicht relevant einzustufen.

Aus der Auswertung der Verbrauchsmessungen folgt somit keine Evidenz für relevante Wirkungen des untersuchten BAM-Systems auf den gemessenen Energieverbrauch.

7 Beantwortung der Forschungsfragen

Die in der Vorstudie zum Feldversuch formulierte, übergeordnete Fragestellung lautet, welche Wirkungen durch den Einsatz von technischen und kommunikativen Instrumenten realisiert werden können. Angesichts der Erfahrung, dass die Wirkungen von Interventionsinstrumenten nach deren erstmaligen Anwendung nachlassen können, stellt sich zusätzlich die Frage, ob und wenn ja in welchem Ausmass die Wirkungen mittel- und langfristig aufrechterhalten werden können. Die Forschungsfragen für den Feldversuch können aufgrund der vorliegenden Resultate nun beantwortet werden.

Welche Wirkungen können bei der Anwendung eines konkreten BAM-Systems – zusammengesetzt aus technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten – in der Praxis erzielt werden?

Als Wirkung ist für diese Studie generell die prozentuale Abweichung eines Ergebnisses von Experimentalgruppen im Vergleich zum Ergebnis der Kontrollgruppe definiert. Dies gilt gleichermassen für die Ergebnisse zu den sozialpsychologischen Faktoren und Verhaltensweisen und für die Ergebnisse der Verbrauchsmessungen. Als «Positive Wirkungen» werden Wirkungen der Experimentalgruppen in Richtung energiesparendere Denk- oder Verhaltensweisen bezeichnet. «Negative Wirkungen» sind Wirkungen in Richtung weniger energiesparender Denk- oder Verhaltensweisen im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Die im Rahmen des Feldversuchs durchgeführten Befragungen der Mieterinnen und Mieter ergaben klare Ergebnisse. Das BAM-System als Ganzes führte auf allen sozialpsychologischen Ebenen – Wissen, Haltungen, Verhaltensabsicht und selbstberichtetes Verhalten – kurzfristig und punktuell zu positiven Wirkungen. Langfristig – rund 1 Jahr nach der Intervention – sind zwar noch positive Wirkungen zu beobachten. Über das gesamte untersuchte BAM-System betrachtet sind jedoch langfristig überwiegend keine, teilweise gar negative Wirkungen zu beobachten.

Um die Wirkung des Verhaltens auf den Energieverbrauch festzustellen, wurden die Verbrauchswerte für die Verwendungszwecke Raumheizung, Elektrizität, Warmwasser und Kaltwasser untersucht. Für den gemessenen Energieverbrauch wurde mit der Vorstudie die zu erwartende Effizienzsteigerung von 15% bei der Anwendung des BAM-Systems mit maximaler Intensität ermittelt. Die maximale Intensität wurde durch den konzentrierten und auf die technischen Instrumente abgestimmten Einsatz von Kommunikationsinstrumenten in der Hauptinterventionsphase des Feldversuchs von November 2017 bis April 2018 erreicht.

Der gemessene Verbrauch für die 6 Monate der Hauptinterventionsphase zeigt um bis zu 6% reduzierte Werte der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe. Das erwartete Ziel von 15% Effizienzsteigerung wurde im Feldversuch nicht erreicht.

Welche Wirkungen können mit ausschliesslich technischen oder mit ausschliesslich Kommunikationsinstrumenten erreicht werden?

In der Vorstudie gingen die Verfasser davon aus, dass der grösste Wirkungsanteil den Kommunikationsinstrumenten zuzuordnen sei. Mit den Ergebnissen des Feldversuchs konnte diese These bestätigt werden.

Die Kommunikationsinstrumente wirkten kurzfristig vor allem auf das Verhalten und innerhalb dessen vor allem auf Verhaltensweisen im Zusammenhang mit der Raumwärme positiv.

Langfristige positive Wirkungen der Kommunikationsinstrumente sind dagegen vor allem auf das Wissen zu beobachten. In Einzelfällen (z.B. Absicht energiesparendes Heizen) ist langfristig ein Boomerang-Effekt feststellbar. Von einem Boomerang-Effekt wird hier gesprochen, wenn sich eine kurzfristig positive Wirkung langfristig in eine negative Wirkung verkehrt. Boomerang-Effekte können z.B. auftreten, wenn Ereignisse oder Aktionen (z.B. Klimastreiks) energiesparende Absichten generell erhöhen, Kommunikationsinstrumente jedoch zur Denkweise führen, man sei ja schon auf einem guten Pfad. Die Absichten der Bevölkerung (repräsentiert durch die Kontrollgruppe) überholen so gleichsam die Absichten der Gruppe mit zusätzlicher Kommunikation.

Die im Feldversuch eingesetzten technischen Instrumente allein entfalteten nur geringe Wirkungen, teilweise gar negative Wirkungen, welche positive Effekte der Kommunikationsinstrumente wieder zunichte machten.

Welche Empfehlungen lassen sich aus den Ergebnissen hinsichtlich der Optimierung der Instrumente ableiten?

Die mit der Vorstudie durchgeführte Hemmnisanalyse und die darauf abgestimmte Wahl der Instrumente für den Feldversuch hat sich bewährt und ist zu empfehlen, weil erst dadurch eine zielgerichtete Intervention möglich ist.

Die Gestaltung der Kommunikationsinstrumente sollte mit einfachsten Mitteln umgesetzt werden. Auf Lauftext ist möglichst zu verzichten. Viel einfacher zu rezipieren sind Slogans, Merksätze und vor allem visuelle Mittel.

Für die Mieterinnen und Mieter neuartige technische Systeme, wie das im Feldversuch eingesetzte Smart-Home-System, benötigen eine sorgfältige Einführung und unkomplizierten Support. Fehlen diese Elemente, so besteht die Gefahr, dass die Mieterinnen und Mieter die technischen Systeme nicht verstehen und falsch anwenden. In der Folge kann es trotz möglicherweise vorhandenen, technisch bedingten Vorteilen zu einem negativen Effekt der technischen Instrumente kommen.

Bei den Kommunikationsinstrumenten konnte in Einzelfällen bei der Verhaltensabsicht ein Boomerang-Effekt beobachtet werden. Über einen solchen Effekt wurde in der Forschung bisher nicht berichtet. In Evaluationsstudien sollte diese Möglichkeit in Betracht gezogen und analysiert werden, ob und unter welchen Bedingungen dieser Effekt systematisch auftritt.

Können die kurzfristigen Wirkungen bei anhaltendem Einsatz der Instrumente über längere Zeit aufrechterhalten werden?

Die Vorstudie formulierte die Erwartung, dass die Wirkungen des BAM-Systems auf den Energieverbrauch nachlassen, wenn die Intensität der Interventionen durch Kommunikationsinstrumente nachlässt. Die technischen Instrumente standen während der ganzen Versuchsdauer im Einsatz. Nach Abschluss der Hauptinterventionsphase im April 2018 wurden keine Kommunikationsinstrumente mehr eingesetzt.

Mit der dritten Befragungswelle wurde festgestellt, dass die Wirkung der Kommunikationsinstrumente auf das Verhalten geschwunden war. Bei der dem Verhalten vorgelagerten Stufe der Verhaltensabsicht wurden einzelne Boomerang-Effekte festgestellt. Die technischen Instrumente hatten langfristig über alles gesehen keine Wirkung auf das Verhalten, weder positiv noch negativ.

Das Ergebnis der Verbrauchsmessungen über 12 Monate nach der Hauptinterventionsphase zeigt für keinen der vier untersuchten Verwendungszwecke eine relevante Verbrauchseinsparung der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe. Aus der anhaltenden Verfügbarkeit der technischen Instrumente allein konnte somit keine anhaltende Wirkung auf den Energieverbrauch erzielt werden.

Das langfristige Ergebnis der Verbrauchsmessungen ist damit konsistent mit den Ergebnissen aus den Befragungen und entspricht den Erwartungen aus der Vorstudie.

Mit ergänzenden Kommunikationsinstrumenten, welche direkt auf die Stufe des Verhaltens wirken wie beispielsweise Nudging-Instrumenten oder Handlungsanweisungen am Ort der Handlung, könnte möglicherweise das Schwinden der Wirkung der Kommunikationsinstrumente aufgefangen werden. Aber eine kurzfristige Wirkung ohne Beeinflussung der davor liegenden Variablen - Wissen/Einstellung/Haltung/Absicht - entspräche keiner nachhaltigen Beeinflussung des Verhaltens, weil die intrinsische Motivation nicht gestärkt würde. Daraus folgt, dass die intrinsische Motivation zu steigern wäre. Dafür müssten aber die Kommunikationsinstrumente dauernd aufrechterhalten werden, was kostenintensiv ist und allenfalls auch zu Gewöhnungseffekten führen könnte.

Fazit

Die hier erläuterten Antworten auf die Forschungsfragen gelten explizit für den Feldversuch und sind nur eingeschränkt generalisierbar. In anderen Projekten könnten kaum identische Instrumentenpakete eingesetzt werden und auch die Ausstattung der Wohnungen und die Zusammensetzung der Mieterinnen und Mieter werden nicht direkt vergleichbar sein.

Die Resultate des Feldversuchs geben jedoch Hinweise, welche Wirkungen auf den Energieverbrauch von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten erwartet werden können.

- Die Erwartung, dass in einer einzelnen Übungsanlage von spezifischen Kommunikationsinstrumenten entsprechend spezifische Wirkungen nachgewiesen

werden können, scheint alles in allem nicht realistisch zu sein. Trotzdem können Kommunikationsinstrumente sinnvoll sein, wenn sie als Teil einer Gesamtheit von Sensibilisierungsmassnahmen – beispielsweise im Verbund mit Kommunikationskampagnen – verstanden werden.

- Die Erwartung, dass technische Instrumente durch die Möglichkeit der Programmierung und Vernetzung von Steuerungen und Regulierungen gleichsam automatisch eine Wirkung entfalten, muss aufgrund dieser Studie in Frage gestellt werden. Da die technischen Instrumente in Form des Smart-Home-Systems nur eine sehr geringe und gegenüber den eingesetzten Kommunikationsinstrumenten untergeordnete Wirkung entfalten konnten, sind solche Systeme nicht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Energieeffizienz in Haushalten zu betrachten.

Weitere Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind im folgenden Kapitel 8 zusammengestellt.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Forschungsdesign mit den zwei Wohngebäuden und den vier Versuchsgruppen kann aufgrund der experimentellen Anlage grundsätzlich als zielführend beurteilt werden.

Trotz einer sehr hohen Rücklaufquote für eine dreijährige Studie resultierten aber aufgrund der Aufteilung in vier Gruppen und Mieterausfälle aufgrund Leerständen zu Beginn der Vermietungszeit und von Mieterwechseln schlussendlich tiefe Fallzahlen pro Gruppe. Dies führte auch bei der Auswertung der Energieverbrauchs-messungen zu einem vergleichsweise hohen Unsicherheitsbereich und damit zu einer eingeschränkten Relevanz der festgestellten Verbrauchsreduktion zwischen den Gruppen. Um das gleiche Design mit reduziertem Risiko der tiefen Fallzahlen anzuwenden, müsste die Grundgesamtheit mindestens 200 Wohnungen betragen. Die Vergleichbarkeit der Immobilien muss dabei gewährleistet bleiben.

Die realisierten Messkonzepte und die individuelle Verbrauchswertmessung pro Wohnung haben sich als tauglich erwiesen und könnten so auch in anderen Projekten angewendet werden. Zu beachten ist, dass die Eigentümerin der Liegenschaften Zusatzinvestitionen übernommen hat, welche ohne das Forschungsprojekt nicht angefallen wären. Dies betrifft die zweiten Stromzähler im Objekt in Wädenswil und die pro Wohnung individuellen Kaltwasserzähler in beiden Objekten.

Dank einer Datenschutzklausel in den Mietverträgen stehen die Verbrauchsdaten aller Medien der 92 Wohnungen zur Verfügung und ermöglichen damit interessante und detaillierte Erkenntnisse zum energetischen Verhalten der einzelnen Wohnungen auch nach Abschluss des Feldversuchs.

Wahrnehmung der Instrumente

Die insgesamt als gut, aber nicht sehr gut wahrgenommen und auch gut aber nicht sehr gut beurteilten Kommunikationsinstrumente weisen auf ein Optimierungspotenzial durch einfachere Formulierungen und konsequentere Nutzung visueller statt textlicher Mittel hin. Zudem zeigte die deutlich schlechtere Wahrnehmungsquote der Kommunikationsinstrumente kurz nach Einzug, dass in dieser Phase die Bewohnenden genug Anderes zu bewältigen hatten und der Einsatz der Kommunikationsmittel dadurch weniger effektiv war. Der richtige Moment für den Einsatz von Kommunikationsinstrumente kann deren Wahrnehmung erhöhen.

Bei den technischen Instrumenten, im Wesentlichen das Smart-Home-System, hat sich gezeigt, dass die Bewohnenden die gewohnten Bedienstellen – Schalter in den Zimmern – nutzen, sofern diese angeboten werden. Zudem ist die Unmittelbarkeit der Bedienung wichtig (Intervention am Ort des Effekts). Die Bedienung der Wohnung über ein zentrales, fest montiertes Display scheint wenig attraktiv und schwierig zu verstehen zu sein.

Wirkung auf Wissen, Einstellung und Haltung

Interessanterweise haben die Kommunikationsinstrument hier eine längerfristig positive Wirkung, was etwas im Gegensatz zu bisherigen Ergebnissen steht, wo

eher Fading-Out-Effekte beobachtet wurden. Es gibt aber kaum quasiexperimentelle Feldstudien, welche auch eine Nacherhebung gemacht haben. Ein interessantes neues Ergebnis.

Fading-Out-Effekte, wie sie vereinzelt – beispielsweise beim Verpflichtungsgefühl, sich energiesparend zu verhalten – festgestellt wurden, können möglicherweise mit einer Aufrechterhaltung der Kommunikationsinstrumente verhindert werden, könnten aber auch Ermüdungseffekte auftreten.

Die eingesetzten Kommunikationsinstrumente haben den Aspekt der Einstellungen (d.h. Einschätzung Kosten/Gewinn, Aufwand, Handlungsfreiheit) nicht erreicht. Einschätzung Kosten/Gewinn, Aufwand, Handlungsfreiheit sind aber meist relevante Faktoren für Handlungsabsicht (individuelle Kosten). Deshalb müsste man diese Aspekte mehr thematisieren.

Auffällig ist schliesslich, dass die Wirkungen der technischen Instrumente die positiven Wirkungen der Kommunikationsinstrumente teilweise neutralisierten und somit kontraproduktiv wirkten. Dies gilt nicht nur für Wissen, Einstellungen und Haltungen, sondern auch für die Verhaltensabsicht und das selbstberichtete Verhalten selbst. Dies hat möglicherweise damit zu tun, dass die Technik wie beispielsweise das Heizungs- und Lüftungssystem zu Beginn nicht optimal funktionierte und/oder dass durch den Einsatz technischer Instrumente die Erwartung geschürt wurde, dass «es die Technik schon richtet» und dadurch die Wahrnehmung und Verarbeitung der Kommunikationsinstrumente beeinträchtigt wurde. Daraus folgt, dass keinesfalls davon ausgegangen werden kann, dass technische Instrumente per se positiv wirken oder im schlimmsten Fall keine Wirkung entfalten. Der Abstimmung von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten sowie dem Verständnis der Mieterinnen und Mieter für die zusätzlichen technischen Instrumenten ist deshalb höchste Priorität zuzugestehen.

Wirkungen auf die Absicht

Die langfristig positiven Wirkungen auf Wissen, Einstellung und Haltungen schwächen sich bis zur nächsten Stufe der Wirkungslogik, die Absicht, ab. Dies ist möglicherweise auffangbar durch ergänzende Kommunikationsinstrumente, welche direkt auf Absicht zielen. Empfehlenswert sind Situationsanalysen, um zu sehen, wo die grössten Defizite sind.

Um Fading-Out-Effekten zu begegnen und die Absicht hochzuhalten könnte entweder doch die intrinsische Motivation weiter gefördert werden. Dafür müssten aber die Kommunikationsinstrumente dauernd aufrechterhalten werden, was kostenintensiv ist und allenfalls auch zu Gewöhnungseffekten führen könnte.

Bezüglich der Absicht, energiesparend zu heizen, ist schliesslich ein langfristiger Boomerang-Effekt der Kommunikationsinstrumente zu beobachten. Die kurzfristig leicht positive Wirkung der Kommunikationsmittel wurde langfristig in ihr Gegenteil verkehrt. Mögliche Erklärungen dafür sind gesamtgesellschaftliche Entwicklungen (Klimastreiks), welche bei Personen mit zusätzlicher Kommunikation – im Gegensatz zu Personen ohne zusätzliche Kommunikation – keine Wirkung entfalteten. Ein solcher Boomerang-Effekt konnte bisher noch nicht beobachtet werden und bildet auch hier ein Spezialfall. Allfällige Boomerang-Effekte sind beim Einsatz von

Kommunikationsinstrumenten in Erwägung zu ziehen und es sollte beobachtet werden, ob Boomerang-Effekte systematisch auftreten.

Wirkungen auf das Verhalten

Kommunikationsinstrumente können direkt auf das Verhalten wirken. Aber eine kurzfristige Wirkung ohne Beeinflussung der davor liegenden Variablen (Wissen/Einstellung/Haltungen/Absicht) bringt keine nachhaltige Beeinflussung, weil die intrinsische Motivation nicht gestärkt wurde. Daraus folgt, dass die intrinsische Motivation zu steigern wäre.

Eine wesentliche Schlussfolgerung ist, dass wenn der Zusammenhang zwischen technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten nicht hergestellt wird, z.B. durch eine falsche Anleitung oder wenn der Zusammenhang durch schlecht funktionierende Technik gestört ist, die eingesetzten Instrumente nicht oder auch kontraproduktiv wirken können. Um diese Gefahr zu mindern, sollten die eingesetzten technischen Instrumente möglichst zuverlässig funktionieren und intuitiv bedienbar sein.

Weitere Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Hinsichtlich der *Kommunikationsinstrumente* können folgende weitere Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die vorgängige Hemmnisanalyse und die darauf abgestimmten Instrumente, namentlich der Flyer «Gemeinsam in die Energiezukunft» und die Selbstverpflichtung, welche auf die persönliche Norm resp. die Umsetzung von beabsichtigten Verhaltensweisen zielten, hat sich für kurzfristige Wirkungen bewährt und ist auf jeden Fall zu empfehlen.
- Die Abstimmung der einzelnen Instrumente auf den Zeitpunkt, in welchem sie optimal wirken hat sich bewährt. Namentlich zu erwähnen ist, dass Verhaltensweisen, welche vor dem Einzug überlegt und/oder ausgeführt werden, wenn möglich mit Instrumenten beeinflusst werden sollten, welche auch vor dem Einzug zum Einsatz kommen.
- Die Gestaltung der Kommunikationsinstrumente sollte mit einfachsten Mittel umgesetzt werden. Auf Lauftext ist möglichst zu verzichten. Viel einfacher zu rezipieren sind Slogans, Merksätze und vor allem visuelle Mittel.
- Postalische Versände von Kommunikationsinstrumenten haben sich grundsätzlich bewährt. Es sind jedoch folgende Punkte zu beachten:
 - Die einzelnen Versände sollten nicht überfrachtet sein. Besser als wenige Versände mit viel Material sind mehrere Versände mit jeweils weniger Material.
 - Der postalische Versand von Kleinartikeln, welche die Mieterinnen und Mieter in irgendeiner Form weiterverarbeiten müssen, damit sie ihre Wirkung entfalten (z.B. Kleber), hat sich nicht bewährt.
 - Der postalische Versand von Kommunikationsinstrumenten in Zeiten, in denen die Mieterinnen und Mieter schon vorhersehbar anderweitig belastet sind (Einrichtung, Formalitäten nach Einzug, aber auch z.B. Weihnachten oder

Vorbereitung Ferienzeit) ist deutlich weniger wirksam und sollte vermieden werden.

- Schliesslich empfiehlt es sich, bei einem Beratungsangebot eine Bringschuld der Verwaltung anstelle einer Holschuld der Mieterinnen und Mieter vorzusehen. Alternativ kann eine Beratung in eine Einführung in die Bedienung technischer Instrumente verpackt werden.

Hinsichtlich zusätzlich *eingesetzter Technik* sind für analoge Vorhaben folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Für die Mieter und Mieterinnen neuartige technische Systeme benötigen sorgfältige Einführung und unkomplizierten, rasch und einfach verfügbaren Support. Fehlen diese beiden Elemente muss trotz möglicherweise vorhandenen technisch bedingten Effizienzgewinnen mit einem kontraproduktiven Effekt gerechnet werden.
- Mit der zur Verfügung stehenden effizienten Technologie allein sind noch keine energetischen Wirkungen, welche auf Verhaltensänderungen zurückzuführen sind, zu erwarten. Es wird dringend empfohlen, Massnahmen zu ergreifen, um nicht nur das Verständnis, sondern auch die Nutzung der technischen Instrumente sicherzustellen (neben Einführung und Support auch Instrumente mit Bringschuld bei der Verwaltung, z.B. Videoanleitungen, gute Beispiele, Anschauungsunterricht etc.). Gleichzeitig ist der zeitliche Aufwand für die Mieterinnen und Mieter möglichst gering zu halten.
- Der Einsatz einer Smartphone App namentlich zur Verbreitung energierelevanter News und zum Einsatz eines Energiemonitorings ist grundsätzlich empfehlenswert. Es müssen jedoch folgende Punkte beachtet werden:
 - Die bloße Bereitstellung der App reicht nicht aus, damit alle Bewohnenden die App auch herunterladen. Es benötigt mehrfache Hinweise und Aufforderungen evtl. auch gepaart mit Unterstützungsangeboten.
 - Die Zielpersonen sind sich perfekt funktionierende Apps und professionelles Design mit intuitiv verständlicher Benutzerführung ohne Texterklärungen gewohnt. Entsprechend muss eine App sorgfältig programmiert und an nicht in die Entwicklung integrierten Personen mehrfach getestet sein.
 - Die Entwicklung und Bereitstellung eines Energiemonitorings, welches mittels Referenzwerten zum Energiesparen animieren soll, ist aufwändig. Insbesondere die Festlegung der Referenzwerte ist eine komplexe Angelegenheit und abhängig von Wohnungs- und Mieterschafts-spezifischen Charakteristiken. Die Verständlichkeit des Energiemonitorings und die Tauglichkeit des Referenzwerts sind mehrfach zu testen. Für Funktionsweise und Design gilt das analoge wie für die gesamte App an sich.

9 Literaturverzeichnis

- Aarts, H., Verplanken, B. & van Knippenberg, A. (1998). Predicting behavior from actions in the past: repeated decision making or a matter of habit? *Journal of Applied Social Psychology*, 28, 1355-1374.
- Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, 3/25, S. 273–291.
- Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. Some unresolved issues. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179-211.
- Artho J., Jenny A. & Karlegger A. (2012) Wissenschaftsbeitrag. Energieforschung Stadt Zürich. Bericht Nr. 06, Forschungsprojekt FP-1.4. Online: <http://www.energieforschung-zuerich.ch>.
- Baumgartner A., Artho J. & Vogel U. (2016). Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme BAM (Vorstudie). Energieforschung Stadt Zürich, Bericht Nr. 33, Forschungsprojekt FP-2.6. Online: <https://energieforschung-zuerich.ch>
- Bundesamt für Energie BFE (2014), Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2013 nach Verwendungszwecken.
- Degen, K., Efferson, C., Frei, F., Goette, L. & Lalive, R. (2013). Smart Metering, Beratung oder sozialer Vergleich. Was beeinflusst den Elektrizitätsverbrauch. Bern/Zürich: Bundesamt für Umwelt, BAFU/Elektrizitätswerk der Stadt Zürich ewz.
- EKZ (2011). Medienmitteilung Pilotprojekt Smart Metering. 10.8.2011
- Hacke U. (2009). Thesenpapier: Nutzerverhalten im Mietwohnbereich. Institut Wohnen und Umwelt GmbH. Darmstadt, 29. URL: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Nutzer/PM_21-9-9_Thesen.pdf. Stand: 28.4.15.
- Hunecke, M. (2000). Ökologische Verantwortung, Lebensstile und Umweltverhalten. Heidelberg. In: D. Rink (Hg.): Lebensstile und Nachhaltigkeit. Konzepte, Befunde, Potenziale (S. 53-57). Opladen: Leske + Budrich.
- Korte W.B. (2013). Saving Energy in Social Housing with ICT. eSESH-Final Report. empirica Gesellschaft für Kommunikations- und Technologieforschung mbH. www.esesh.eu.
- Lossin F, Loder A, Kozlowsky I, Staake T. (2015) Bonusmodelle für energieeffiziente Haushalte: Umsetzung und Bewertung des Energieeffizienzportals smartsteps. Energieforschung Zürich
- Ouellette, J. A. & Wood, W. (1998). Habit and intention in everyday life: The multiple processes by which past behavior predicts future behavior. *Psychological Bulletin*, 124, 54-74.
- RWTH Aachen, E.ON ERC, FCN (2015). Analyse des Nutzerverhaltens in energieeffizienten Wohngebäuden. Pilotprojekt der Forschung für die energieeff-

fiziente Stadt (EnEff:Stadt). URL: <http://www.eneff-stadt.info/de/pdf/pilotprojekte/projekt/details/analyse-des-nutzerverhaltens-in-energieeffizienten-wohngebaeuden/>. Stand: 2.4.15.

Schwartz, S. H. (1977). Normative Influences on altruism. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology* (pp. 186-211). New York: Academic Press.

Sheridan, Thomas B., Ferrell, William R. (1974): *Man-Machine Systems: Information, Control and Decision Models of Human Performance*. Cambridge: MIT Press

SIA 380/1, Thermische Energie im Hochbau, Schweizer Norm SN 520 380/1

Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2011). Schlussbericht Nutzerverhalten beim Wohnen. Analyse, Relevanz und Potenzial von Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs (Effizienz und Suffizienz). Zürich, 2011.

Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2012). Grundlagen zu einem Suffizienzpfad Energie. Das Beispiel Wohnen. Zürich, 2011.

Wagnitz M. (2014). Schlussbericht NutzTech. Ausrichtung der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik an den Bedürfnissen der Nutzer im Wohnungsbau unter Zugrundelegung von Wohnkonzepten. Fraunhofer IRB Verlag.

Weitere, gesichtete Literatur

Allemann T., Senn R. (2012). Ecoplace: Einfach intelligent wohnen. In: Schweizer Energiefachbuch, 213. URL: http://www.ecoplace.ch/media/589/a_213_Januar_Artikel-im-Schweiz_Energiefachbuch_13.pdf. Stand: 2.2.15.

BENEnergy (2014): Wir begeistern für Energieeffizienz. URL: www.ben-energy.com. Stand: 28.4.15.

Brosch T. (2014). Psychologische Aspekte der Nachhaltigkeit. In: Bulletin SAGW. Geistes- und sozialwissenschaftliche Aspekte der nachhaltigen Ressourcennutzung. April 2104, S.42-43.

Brosch, T., Patel, M. K., & Sander, D. (2014). Affective influences on energy-related decisions and behaviors. In: *Frontiers in Energy Research*, 3/214. URL: [http://cms.unige.ch/fapse/EmotionLab/pdf/Brosch%2et%2al.%2\(214\)%2Affective%2influences%2on%2energy-related%2decisions%2and%2behaviors.pdf](http://cms.unige.ch/fapse/EmotionLab/pdf/Brosch%2et%2al.%2(214)%2Affective%2influences%2on%2energy-related%2decisions%2and%2behaviors.pdf). Stand: 28.4.15.

CORDIS (2013). Feature Stories - Energiebewusst bedeutet energieeffizient. Europäische Kommission. URL: http://cordis.europa.eu/result/rcn/91632_de.html. Stand: 28.4.15.

EFZ(2013). Bonusmodelle für energieeffiziente Haushalte (FP-1.9). Laufende Projekte. URL: <http://www.energieforschung-zuerich.ch/index.php?id=21>. Stand: 2.2.215.

E|Home-Center(2015-1): Intelligente Kombination von Heizsystemen für Wohnräume zum behaglichen und netzverträglichen Heizen mit regenerativen Energien. URL: <http://www.ehome-center.de/forschung/forschungsprojekte/aktuell/ir-infrarotheizung.html>. Stand: 29.4.15.

- E|Home-Center(2015-2): Dezentrale Steuerung im privaten Wohnen mittels intelligenter Sensoren und OPC UA auf Basis der Paradigmen von Industrie 4.. URL: <http://www.ehome-center.de/forschung/forschungsprojekte/aktuell/opc-ua.html>. Stand: 28.4.15.
- E|Home-Center(2015-3): Entwicklung eines Demand Side Management Tools für den Smart Home Nutzer. URL: http://www.ehome-center.de/stellenangebote/studentische-arbeiten-stellen/fs_dsmt.html. Stand: 28.4.15.
- ENERSip (2010). Energy saving information platform for generation and consumption networks. URL: <http://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/4/247624/8/publishing/readmore/ENERSipBrochure-vfinal.pdf>. Stand: 28.4.15.
- Franke J. (2014). E|Home-Center. Bayerisches Technologiezentrum für privates Wohnen: Zwischenbericht Februar 214. Erlangen. URL: http://www.faps.de/cms/upload/aktuelles/neuigkeiten/pdf/E_Home_Zwisch_1i.pdf. Stand: 18.2.15.
- Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik Kaiserslautern (2012). Energiemanagement für Mietwohnungen mit Open-Source Smart Metern. URL: <http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Energiemanagement-für-Mietwohnungen-mit-Open-Source-Smart-Metern/21383584>. Stand: 29.4.15.
- innovation & energie (2009). Den schlafenden Riesen wecken. Strategische Aspekte zum "Faktor Mensch" bei der Energieverbrauchsreduzierung. In: Das Magazin der EnergieAgentur.NRW 2/29.
- Klapproth A. (2013). Die Forschung hilft beim Strom sparen. In: klimafreundlich 2/213, S. 22-23. URL: http://www.ihomelab.ch/fileadmin/Dateien/PDF/Publicationen/213/21311_Magazin%20Klimafreundlich_P2_21.pdf. Stand: 29.4.15.
- Knüsel K. (2013). Technik braucht Mensch. Monitoring- und Feedbacksysteme im Praxistest. In: WOHNEN 1/213, S.14-16. URL: http://www.wbg-schweiz.ch/data/wohnen_213-1_14_16_6939.pdf. Stand: 29.4.15.
- Mack, B., & Tampe-Mai, K. (2012). Konzeption, Diskussionsleitfaden und Stimuli einer Fokusgruppe am Beispiel eines BMU-Projekts zur Entwicklung von Smart Meter Interfaces und begleitenden einführenden Maßnahmen zur optimalen Förderung des Stromsparens im Haushalt. In *Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 66-87.
- Matthies E. (2013). Nutzerverhalten im Energiesystem. Erkenntnisse und Forschungsfragen aus der Psychologie. Universität Magdeburg. In: Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis, 22 (2), S. 36-42.
- Matthies, E. (2013). Verändertes Nutzerverhalten als Potenzial für die Verringerung von Energieverbrauch und CO2-Emissionen - Beiträge und Forschungsfragen aus psychologischer Perspektive. In: Schweizer-Ries, P., Hildebrand, J. & Rau I. (Eds.): Klimaschutz & Energienachhaltigkeit. Die Energiewende als sozialwissenschaftliche Herausforderung. Saarbrücken: universaar, S. 87–14.

- Tichelmann K. (2011). energy+ Home 2011. Solution for CO₂-emission free energy of existing buildings. "Bauen im Bestand" - Plusenergiehaus ohne CO₂-Emissionen". Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur. URL: http://www.riedundsohn.de/files/energy+home211_rhein-main_v15_211-12-23.pdf. Stand: 18.2.15.
- Tsafack, I. W. K., Christian, A., Naumann, S., Gollmer, K., Ebner, I., Michels, R., ... & Groÿ, B. (2013). Resource Efficiency in Buildings through Automation and User Integration (REGENA1). In: EnviroInfo213 Environmental Informatics and Renewable Energies. 27th International Conference on Informatics for Environmental Protection, Hamburg. S. 484-491.
- TU Darmstadt, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen (2014). Steigerung der Motivation für energieeffizientes Verhalten auf Grundlage von Smart Metering Daten und Serious Gaming Methoden (SmartER Game). URL: [http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Steigerung-der-Motivation-für-energieeffizientes-Verhalten-auf-Grundlage-von-Smart-Metering-Daten-und-Serious-Gaming-Methoden-\(SmartER-Game\)/21511](http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Steigerung-der-Motivation-für-energieeffizientes-Verhalten-auf-Grundlage-von-Smart-Metering-Daten-und-Serious-Gaming-Methoden-(SmartER-Game)/21511). Stand: 28.4.15